8. APRIL 1927

HEFT 15

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E. V.

Das menschliche Trommelfell als Vorbild für die Lautsprechermembran

Die Versuche von Helmholtz. — Theorie des Trommelfells. — Ermittlung der günstigsten Membranform.

Von

Ewald Popp.

Die meisten Lautsprechertypen, die in letzter Zeit in den Handel gebracht wurden, haben gekrümmte Membranen; diese Membranen sind kegelförmig (Konusmembranen) oder haben zumindest kegelförmige Form. Wir sehen derartige Membranformen am häufigsten bei trichterlosen Lautsprechern, doch werden auch Trichterlautsprecher mit kegelförmig gekrümmten Membranen ausgeführt. Tatsächlich ist die Kegelmembran bei modernen Lautsprechern vorherrschend und dieser Umstand berechtigt wohl zu der Frage, welche Gründe gerade für die Wahl einer Kegelmembran bei Lautsprechern maßgebend waren.

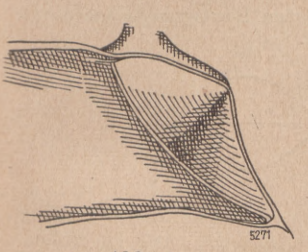


Abb. 1. Das menschliche Trommelfell.

Es dürfte nicht allgemein bekannt sein, daß die Kegelmembran nichts anderes als eine grobe Nachahmung des menschlichen Trommelfells ist. Das menschliche Trommelfell ist nämlich keine ebene Membran, sondern es hat die Form eines schief abgeschnittenen Kegels von etwa 125° Winkelöffnung (Abb. 1). Die Eignung einer solchen Membran für die Wiedergabe eines großen Bereiches der ganzen Tonskala wurde bereits im Jahre 1867 von Helmholtz nachgewiesen, doch dürfte er kaum geahnt haben, welche Bedeutung seine Untersuchungen einstmals erlangen sollten.

Um die folgenden Erläuterungen verständlich zu machen, ist es nötig, kurz auf den Bau und die Wirkungsweise des menschlichen Gehörorgans einzugehen. Die Schallwellen gelangen durch den äußeren Gehörgang auf das Trommelfell und versetzen dieses in Schwingungen. Durch die Gehörknöchelchen, d. i. der Hammer, der Amboß und der Steigbügel, werden diese Schwingungen auf das Innenohr (Labyrinth) übertragen, wo sie von den Nerven registriert und dem Gehirn übermittelt werden. Die Gehörknöchelchen bewirken hierbei eine Hebelübersetzung derart, daß die Schwingungen der Trommelfellspitze etwa im Verhältnis 3 : 2 reduziert werden, was mit einer Drucksteigerung um das 1½ fache am anderen Ende des Hebelsystems, nämlich am Steigbügel, verbunden ist.

Abb. 2 zeigt schematisch den Aufbau des Ohres und die Wirkungsweise der Gehörknöchelchen. Dieser Abbildung ist ein Lautsprechersystem gegenübergestellt (Abb. 3). Durch die Organe des Ohres werden die Schallwellen sozusagen auf eine punktförmige Stelle konzentriert, ihre Amplitude wird durch die Hebelübersetzung der Gehörknöchelchen kleiner, die Kraftwirkung entsprechend größer — beim Lautsprecher findet der umgekehrte Vorgang statt; von einem mit kleiner Amplitude, aber sehr kräftig schwingenden Punkt werden, ebenfalls durch eine Hebelübertragung auf eine Membran, durch diese Schallwellen erzeugt. Hieraus ist ersichtlich, daß das Trommelfell mit den Gehörknöchelchen im großen und ganzen ein von der Natur geschaffenes reziprokes Lautsprechersystem darstellt.

Helmholtz hat umfassende Untersuchungen über die Wirkungsweise der Gehörknöchelchen angestellt (Wissenschaftl. Abhandlungen, 1867, Mechanik der Gehörknöchelchen) und ist zu dem Ergebnis gelangt, daß die Gehörknöchelchen als feste, inkompressible Körper zu betrachten sind, die mit unglaublicher Präzision auch die oft nur winzig kleinen Bewegungen des Trommelfells zu übertragen vermögen. Um eine naturgetreue Schallempfindung im Ohre auszulösen, muß somit nur noch die Bedingung erfüllt werden, daß das Trommelfell auf alle Töne wenigstens annähernd gleichmäßig reagiert, also keine ausgesprochenen Resonanzlagen (Eigentöne) besitzt. Diese Eigenschaft des Trommelfells ist von Helmholtz in überaus interessanter Art nachgewiesen worden. Da die Helmholtzschen Untersuchungen und seine Theorie des Trommelfells die akustische Grundlage

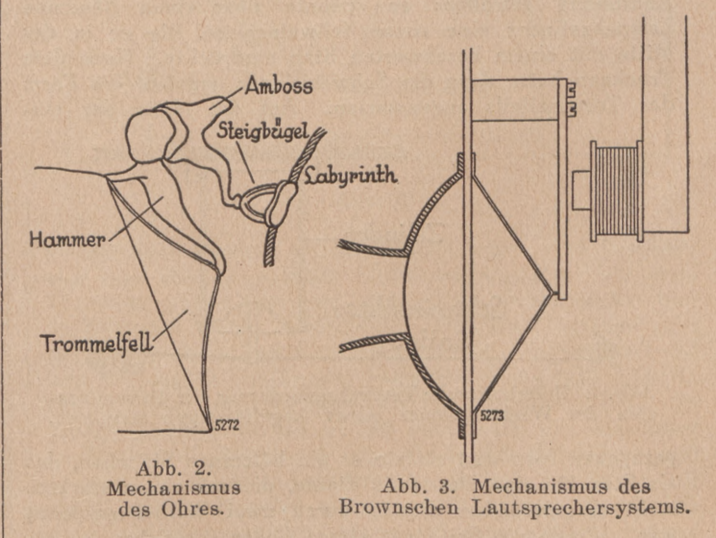


Abb. 2. Mechanismus des Ohres.

Abb. 3. Mechanismus des Brownschen Lautsprechersystems.

für die Konstruktion von Lautsprechern bilden, sei im folgenden das Wesentliche hierüber kurz zusammengefaßt.

Es ist wohl klar, daß die Natur die denkbar günstigsten Bedingungen für eine getreue Schallempfindung geschaffen hat. Auf unendlich mühsamem Wege, mit viel Mathematik und vielen Formeln kann der beschränkte menschliche Verstand den Beweis erbringen, daß dieses oder jenes Gesetz

gelten muß, daß diese oder jene Form so sein muß, weil sie die zweckmäßigste ist. Man denke nur an das Beispiel von der sechseckigen Bienenwabe. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Trommelfell, nur daß hier die mathematische Untersuchung ungleich schwieriger ist.

Die Gestalt des Trommelfells ist nur annähernd kegelförmig. Es enthält eine große Anzahl radialer und ringförmiger Faserzüge aus Sehnensubstanz, welche die

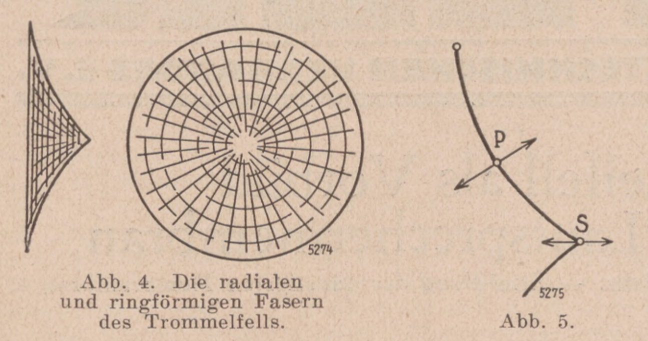


Abb. 4. Die radialen und ringförmigen Fasern des Trommelfells.

Abb. 5.

an und für sich dünne Membran versteifen. Beachtenswert ist nun, daß die radialen Faserzüge nach dem äußeren Gehörgang zu gewölbt sind. Den konzentrischen ringförmigen Fasern fällt die Aufgabe zu, durch Spannung die Krümmung der Radialfasern aufrechtzuerhalten. Abb. 4 zeigt schematisch den Verlauf dieser Faserzüge. Die Wölbung der radialen Fasern hat zur Folge, daß die Verschiebung des Endpunktes (S) einer solchen Faser sehr klein ist gegen die Verschiebung eines Punktes (P) in der Mitte des Bogens, die durch den Luftdruck einer auftreffenden Schallwelle herbeigeführt wird (Abb. 5); nimmt man hierbei die Fasern als unausdehnbar an, was beim Trommelfell tatsächlich der Fall ist, so bewirkt die Bewegung des Punktes P eine zwar ganz geringe Verschiebung des Punktes S, also der Spitze des Trommelfells, dafür vergrößert sich aber hier der Druck ganz bedeutend. Berücksichtigt man nun noch die Hebelwirkung im Verhältnis von 3 : 2 der Gehörknöchelchen, so ergibt sich insgesamt eine Reduktion zwischen den Bewegungen der Trommelfellmitte und des Steigbügels von etwa 17 : 1, was einer Drucksteigerung um das 17fache entspricht.

Um die Wirkung solcher kegelförmig gekrümmter Membranen zu prüfen, hat Helmholtz die in Abb. 6 gezeichnete Anordnung getroffen: er spannte über einen gläsernen Lampenzylinder eine nasse Schweinsblase, die er in der Mitte mit einem beschwerten Stab eindrückte. Nach dem Trocknen hatte dann die Schweinsblase ungefähr die Form des Trommelfells angenommen. Auf die Mitte der ein-

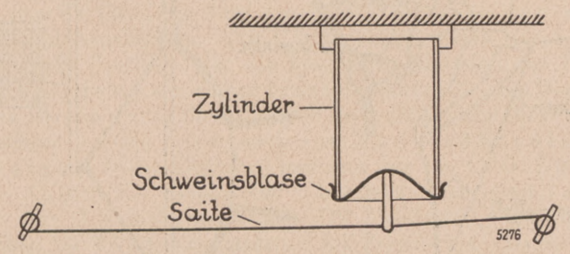


Abb. 6. Helmholtzsche Versuchsanordnung zur Demonstration der Wirkungsweise einer kegelförmigen Membran.

gezogenen Membran stützte er ein hölzernes Stäbchen, das als Steg für eine Darmsaite diente, die auf einem starken, nicht resonierendem Brette durch zwei Wirbel gespannt war. Wurde die Saite mit einem Bogen gestrichen, so erfolgte durch die Membran eine sehr beträchtliche Schallabgabe, die ziemlich gleichmäßig für einen großen Teil der Tonskala war. Helmholtz selbst sagt darüber folgendes: „Die Membran gab eine mächtige Resonanz, der einer Violine ähnlich, selbst wenn die Membran nur vier Zentimeter Durchmesser hatte. Die Wirkung ist so überraschend, daß manche Zuschauer anfangs gar nicht glauben wollten, daß von einer so kleinen Membran ein so mächtiger Ton ausgehen kann, bis ich sie durch Gegenversuche davon überzeugte."

Der Vorgang ist hierbei insofern dem am Trommelfell ähnlich, als die gekrümmte Membran die Leitung der Schwingungen herstellt zwischen der Luft und einem dichteren Körper von geringerer Schwingungsamplitude, wie es einesteils das Labyrinthwasser, anderenteils die Enden der Saite sind. Ist die Überleitung des Schalls aber leicht von der Saite zur Luft, so muß auch umgekehrt die Leitung des Schalls von der Luft zur Saite leicht vonstatten gehen, nach einem für die Schallbewegung allgemeinen Reziprozitätsgesetz.

Nimmt man nun ein ideales Trommelfell an, das rings um die Mitte symmetrisch ist, so ergibt sich, daß die vorteilhafteste Form eines solchen eine Rotationsfläche ist, die bei gleichbleibender Länge ihrer Meridianlinien das kleinste Volumen an ihrer konvexen Seite abgrenzt. Die Form einer solchen Fläche läßt sich mit Hilfe der elliptischen Funktionen (Legendre'schen Integrale) auf dem Wege der Variationsrechnung berechnen und zeichnen. Abb. 7 zeigt eine solche Kurve, und zwar vollständig von einem zum anderen Achsenpunkt ausgezogen. Es kann natürlich jeder Punkt dieser Kurve dem Rande der Membran entsprechen bis zu jenen Punkten, wo die Kurve sich selbst wieder schneidet. Das Trommelfell entspricht nur einem kleinen Teil dieser Kurve.

Die Folgerungen aus dem Vorhergehenden für die praktische Durchführung einer günstigsten Lautsprechermembran

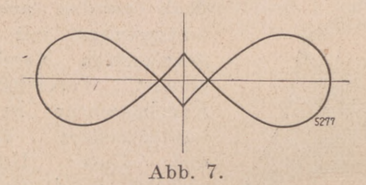


Abb. 7.

würden nun zu dem Bestreben führen, eine Membran zu konstruieren, die aus vollkommen unelastischem, dünnstem Material besteht, die Form eines konvex gekrümmten Kegels nach Art des Trommelfells aufweist und dabei von radialen und ringförmigen Rippen versteift wird. Die bis heute ausgeführten Lautsprechermembranen zeigen wohl die eine oder die andere dieser Forderungen (radiale Rippen oder Kegelform), jedoch lag es jedenfalls in Schwierigkeiten der Herstellung und vor allem in dem Mangel eines entsprechenden Materials, daß man bisher eine strikte Durchführung dieser Membranform noch nicht erzeugte. Gelingt dies, so wird man der Lösung des Lautsprecherproblems in akustischer Beziehung sicher näherrücken. Welche Wirkungen infolge der geänderten Kraftverhältnisse durch die Wölbung der radialen Rippen eintreten würden, ist mit Rücksicht auf die Betriebsenergie des Lautsprechers sehr interessant zu untersuchen und soll vielleicht später an dieser Stelle näher behandelt werden.

Vom amerikanischen Rundfunk. Der Bericht des amerikanischen Handelsministeriums besagt, daß die Federal Radio Commission über 733 Rundfunksender verfügen wird, unter die 89 Wellenlängen verteilt werden müssen, falls alle Sendestellen die Genehmigung zum Weiterbetrieb erhalten. Es müssen also immer acht Stationen auf derselben Wellenlänge senden. Seit Juli 1926 haben 230 neue Stationen eine amtliche Genehmigung erhalten, 50 Stationen haben ihren Standort gewechselt, 197 Stationen haben ihre Stärke, 111 Stationen ihre Wellenlänge geändert; 182 Stationen sind im Bau befindlich; 78 Stationen gedenken ihre Stärke zu erhöhen, während bei 373 Stationen die Baupläne noch nicht feststehen. Von den neuen Stationen, die seit Juli 1926 die amtliche Erlaubnis erhielten, haben 40 eine Stärke von 500 und mehr Watt. 42 alte Stationen haben ihre Stärke ebenfalls auf 500 und mehr Watt erhöht. Der Sendebezirk Chicago steht mit 65 neuen Stationen an erster, Detroit mit 35 an zweiter und New York mit 26 an dritter Stelle.



Der F. T. V.-Sperrkreis-Detektorempfänger

Von

Regierungsrat Dr. Carl Lübben.

Wir setzen die in Heft 12 des „Funk" begonnenen Ausführungen über „Fernempfang unter Ausschaltung unerwünschter Störer" fort und lassen eine praktische Bauanleitung den theoretischen Erörterungen folgen:

Die theoretischen Erwägungen, die für die Entwicklung des F. T. V.-Sperrkreises (Mustergerät für die Bastelgruppen

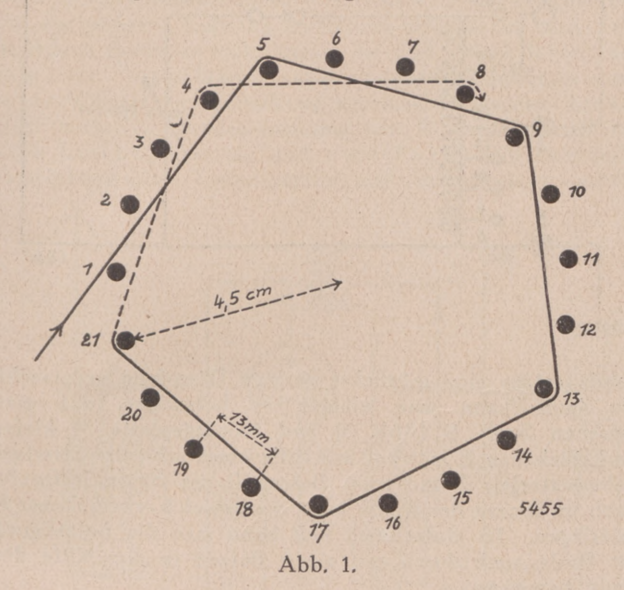


Abb. 1.

des Funktechnischen Vereins) maßgebend waren, sind in Heft 12 des „Funk-Bastler", Jahr 1927, auf Seite 179—181 eingehend dargelegt worden. Als Ergänzung sei im folgenden eine Bauanleitung dieses Gerätes gegeben. Da der Sperrkreis mit Detektor und Kopfhörer, d. h. also durch Anbringung zweier Steckbuchsenpaare, auch als guter Detektorempfänger benutzt werden kann, so wurde er als kombinierter Sperrkreis-Detektorempfänger bezeichnet und gebaut.

Der Sperrkreis ist ein einfacher Schwingungskreis, besteht also aus einer Spule und einem Drehkondensator.

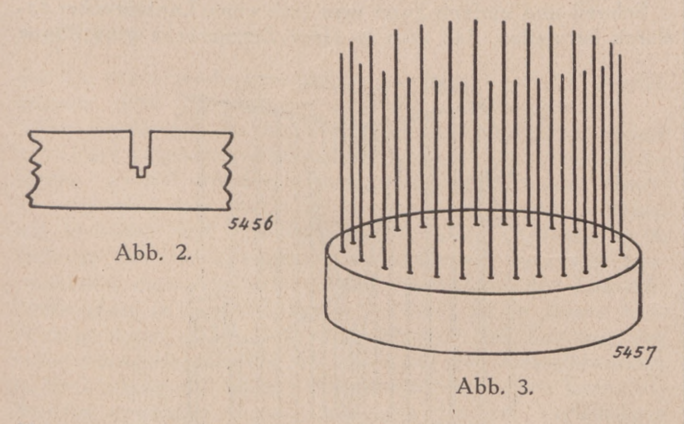


Abb. 2.

Abb. 3.

Nach den in Heft 12 gemachten Darlegungen muß dieser Sperrkreis

1. möglichst verlustfrei sein,
2. eine veränderliche Kopplung mit der Antenne ermöglichen.

Die erste Forderung bedeutet, daß eine gute verlustfreie Spule (Zylinderspule) und ein guter Kondensator zu verwenden sind. Die zweite Forderung wird erfüllt, wenn die Spule mit Anzapfstollen versehen ist. Da nur wenige käufliche Spulen als hochwertig bezeichnet werden können, sei zunächst die Selbstherstellung einer guten Spule kurz erläutert.

Herstellung der mehrlagigen Zylinderspule.

Die Wahl einer mehrlagigen Zylinderspule ist das Ergebnis vieler Vergleichsversuche. Wenn auch für kürzere Wellen einlagige Zylinderspulen als die hochwertigsten anzusehen sind, so spricht im Rundfunkbereich für die mehrlagige Spule mit kapazitätsarmer Wicklung die höhere Selbstinduktion bei gleicher Drahtlänge und die günstige Feldverteilung wegen der Kürze der Spule. Die Herstellung einer guten mehrlagigen Zylinderspule ist so einfach, daß

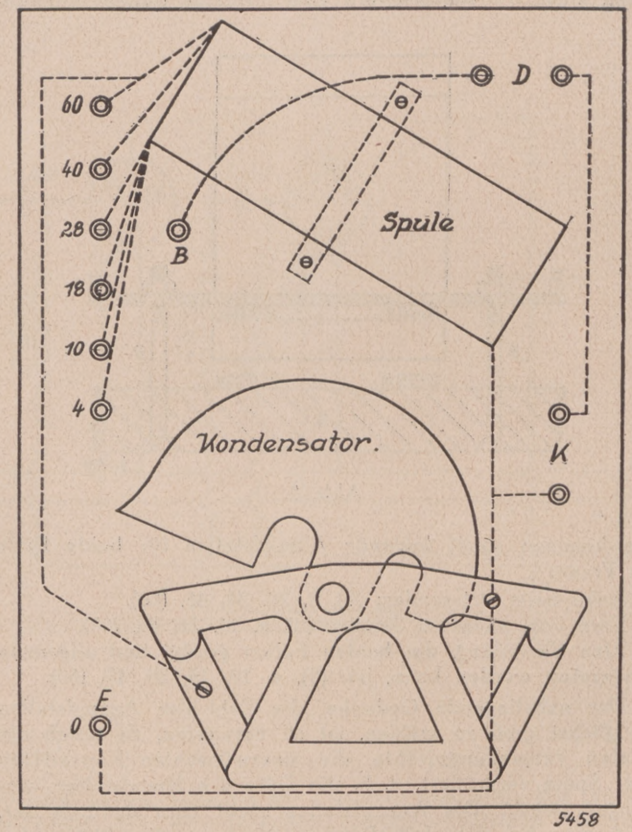


Abb. 4.

sie nur allen Bastlern geraten werden kann. Man beschaffe sich eine etwa 2 cm dicke Platte aus weichem Holz etwa 12 : 12 cm groß (oder rund, etwa 12 cm Durchmesser) und 11 möglichst dicke Stricknadeln. Das Brett versieht man mit einem Kreis von 9 cm Durchmesser und markiert auf dem Umfang 21 gleichmäßig verteilte Punkte (vgl. Abb. 1). Der Abstand zweier Punkte beträgt ungefähr 13 mm. An diesen Punkten werden Löcher etwa 1 cm tief eingebohrt (nicht ganz durchbohren!). Die Größe der Bohrlöcher muß so gewählt werden, daß sich die Stricknadel leicht mit einem kleinen Hammer einschlagen läßt. Man kann auch die Löcher etwas größer bohren und dann mit einem etwas dünneren Bohrer noch etwas nachbohren (Abb. 2). Die Stricknadeln können dann ohne Einschlagen mit der Hand allein fest eingesteckt werden. Die Stricknadeln bricht man in der Mitte durch, so daß 22 halbe Nadeln entstehen, von denen 21 als Stäbe mit der spitzen Seite in die Holzplatte eingesteckt werden. Die so vorbereitete Wickelform zeigt Abb. 3. Zum Wickeln der Spule benutzt man am besten



doppelt baumwollumsponnenen Kupferdraht von etwa 0,8—1,0 mm Stärke. Das Wickeln erfolgt nach dem in Abb. 1 angedeuteten Schema, d. h. es werden immer drei Nadeln überschlagen, so daß der Draht um jede vierte Nadel umgelegt ist. Der Draht liegt also der Reihe nach um folgende Nadeln:

1	5	9	13	17	21
	4	8	12	16	20
	3	7	11	15	19
	2	6	10	14	18	1...

Es liegt also um jede Nadel ein Draht, wenn vier volle Windungen gewickelt sind. Die ganze Spule erhält 60 Windungen, d. h. es müssen auf jeder Nadel 15 Drähte gelegt sein.

Die Wahl der Anzapfstellen richtet sich nach der beabsichtigten Verwendung des Sperrkreises; nahe bei einem Ortssender muß der Sperrkreis gewöhnlich fester mit der Antenne gekoppelt sein, als wenn es sich um die Ausschaltung eines Störsenders fern vom nächsten Sender handelt.

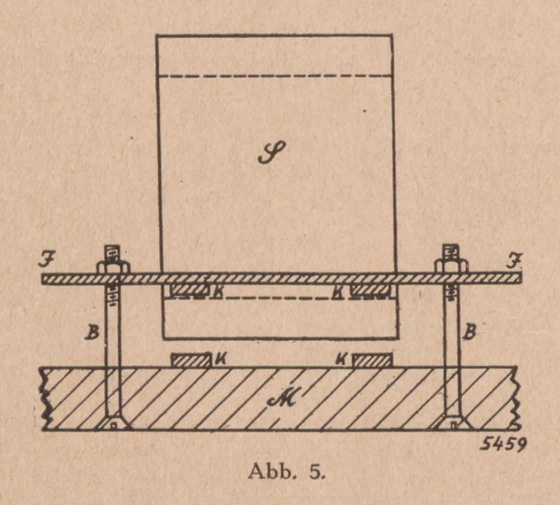


Abb. 5.

Es kommen somit folgende Anzapfstellen für beide Fälle in Frage:

Nahe beim Ortssender: (0), 8, 20, 34, 46, (60).

Fern vom nächsten Sender: (0), 6, 14, 26, 44, (60).

Eine Verteilung, die beiden Fällen genügt und allgemein angeraten werden kann, ist: (0), 4, 10, 18, 28, 40, (60).

Der naheliegende Gedanke, die Zahl der Anzapfstellen möglichst groß zu wählen, ist zu verwerfen, da durch die vielen Verbindungsdrähte die unerwünschten Kapazitäten der Spule vergrößert, d. h. die Güte des Sperrkreises verringert wird. Die Anzapfstellen stellt man dadurch her, daß man bei der betreffenden Windung die Stelle des Drahtes, die um die Nadel liegt, etwa 1—2 cm blank schabt und zu einer Schleife zusammendreht, in die später der Verbindungsdraht eingelötet wird.

Ist die Spule fertig gewickelt, so schiebt man sie etwas von dem Grundbrett ab und zieht dann an vier diametral gelegenen Stellen je eine Nadel heraus. Mit dünnem Bindfaden oder dickem Zwirn bindet man in diesen Stellen die Spule zusammen. Dabei muß man darauf achten, daß man die Spule nicht zu fest zusammendrückt, denn gerade das lockere Gefüge der Spule erhöht ihre Güte. Um die Stabilität der Spule etwas zu erhöhen, kann man die vier Bindestellen innen und außen mit Schellacklösung gut durchtränken. Nach dem völligen Trocknen entfernt man alle Nadeln bzw. zieht die fertige Spule einfach von den Nadeln herunter.

Der Zusammenbau.

Für den Zusammenbau ist die in Abb. 6 dargestellte Schaltung maßgebend, während die Anordnung der Einzelteile aus der Abb. 4 ersichtlich ist. Für die veränderliche Anschaltung der Antenne kann man Umschalter verwenden, jedoch müssen diese sehr gute Kontakte besitzen, die nicht zu dicht aneinander liegen, da andernfalls die unerwünschten Kapazitäten bzw. Ableitungen vergrößert werden. Billig und gut ist die Verwendung von Kontaktbuchsen. Die Spule muß so angeordnet sein, daß die Metallmasse des

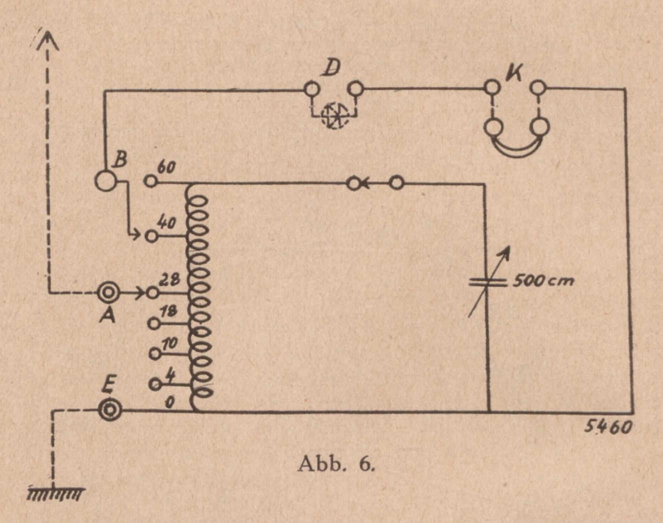


Abb. 6.

Kondensators eine möglichst geringe Dämpfung verursacht. Die Spule kann man einfach so befestigen, daß man zwischen Spule S (Abb. 5) und Montageplatte M kleine Korkstückchen K legt und mit Hilfe eines schmalen Streifens Isoliermaterials I und zwei Bolzen B die Spule festpreßt. Auch im Innern der Spule kann man zwei Korkstückchen K unterlegen. Im einfachsten Fall kann man die Befestigung der Spule auch durch nur einen Bolzen in der Mitte der Spule bewirken.

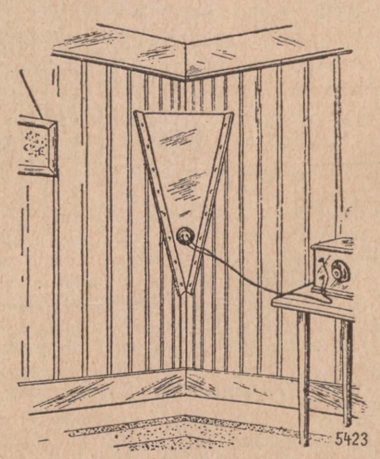
Bei Verwendung als Sperrkreis entfernt man natürlich Detektor und Kopfhörer und unterbricht auch am besten noch die Verbindung von der Klemme B aus.

Für die Verwendung als Detektorempfänger ist die günstigste Ankopplung der Antenne ebenso wie die günstigste Detektorkopplung an der Klemme B durch Versuche zu ermitteln.

Ein einfacher Lautsprecher.

Nach Wireless World **20.** 250. 1927 / Nr. 9 — 2. März.

Schnell und einfach kann man sich einen Lautsprecher dadurch herstellen, daß man in einer Zimmerecke eine dünne



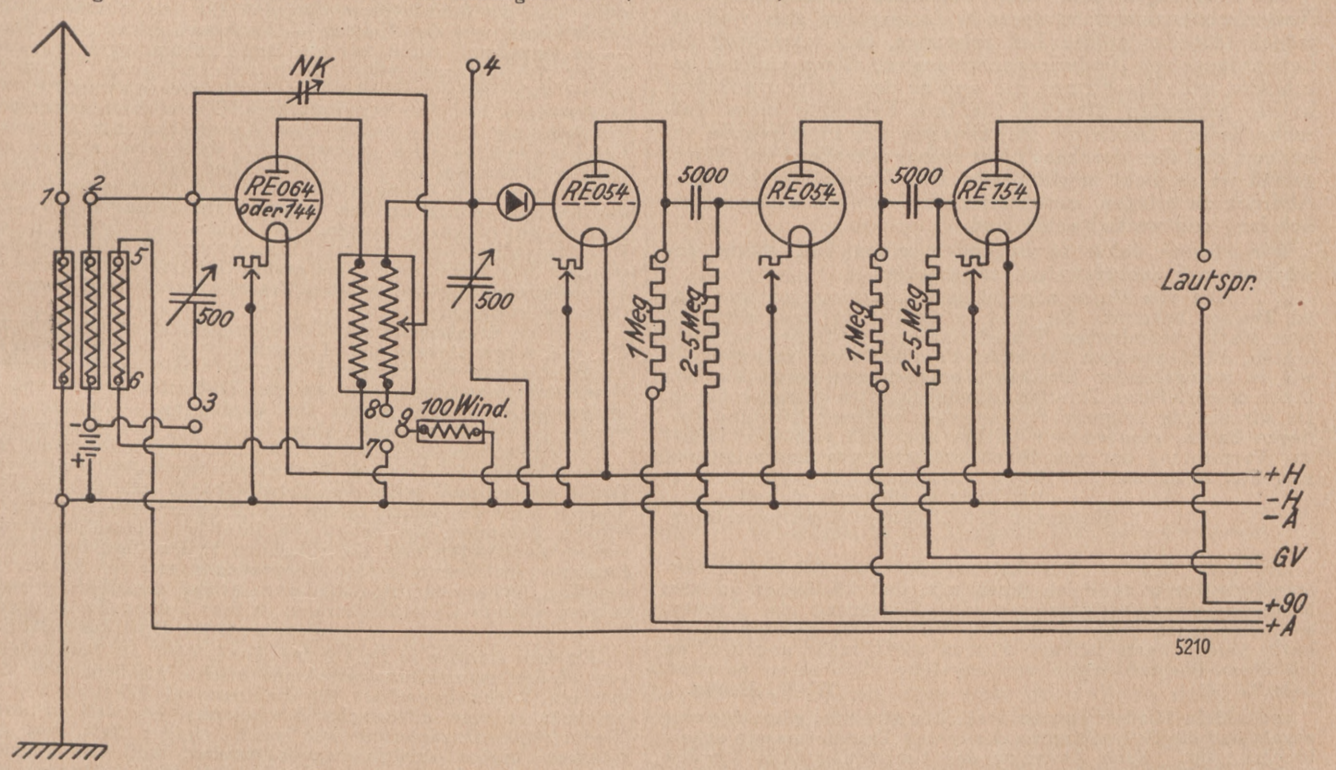
Holzscheibe oder steife Pappscheibe befestigt, wie dies die Abbildung zeigt und möglichst nach der unteren spitzen Ecke zu einen Kopfhörer oder eine Lautsprecherschalldose auf der Scheibe anbringt. Der von den Zimmerwänden und der Scheibe gebildete Raum gibt eine gute Lautstärke.



Der Neutrodyne-Interflexempfänger

Von
J. Jungfer.

Im „Funk-Bastler"[1]) sind letzthin Empfänger beschrieben worden, die mit sechs Röhren bei 150 Volt Anodenspannung arbeiten. Bei den mit diesem Gebiet nicht vertrauten Funkbastlern dürfte durch diese Veröffentlichung, wie überhaupt durch die meisten Aufsätze über die Widerstandsverstärkung, die Meinung hervorgerufen werden, daß zum Betrieb eines Widerstandsverstärkers anormale Anodenspannungen und ein größerer Aufwand an Röhren erforderlich sind. Dies ist jedoch durchaus nicht immer der Fall. Nachstehend soll kurz ein Vierröhren-Neutrodyne-Interflexempfänger mit reiner Widerstandsverstärkung beschrieben werden, der mit einer normalen Anodenspannung von 90 Volt und mit nur einer Hochfrequenzstufe und zweifacher Widerstandsverstärkung ohne Transformator alle Anforderungen erfüllt, die an einen modernen Empfänger heute gestellt werden müssen. Das Schaltschema zeigt die Abbildung.



Der Empfänger, der ohne jede Schwierigkeiten von jedem mit Hochfrequenzverstärkerschaltungen vertrauten Funkbastler gebaut werden kann, bringt bei normaler Hochantenne noch bei 50 km Entfernung vom Sender lediglich mit Detektor und Widerstandsverstärkung (Antenne in 4; Heizung der Hochfrequenzröhre abdrehen) eine gut ausreichende Zimmerlautstärke. Die Lautstärke des Deutschlandsenders (Kurzschlußstecker in 8—9) ist in dieser Entfernung sogar schon zu groß. Dabei ist der Empfang von einer Klangreinheit, wie ihn eben nur der Kristalldetektor in Verbindung mit Widerstandsverstärkung liefern kann. Besonders erwähnen möchte ich noch den bei Verwendung eines entsprechenden Lautsprechers vorhandenen weichen Ton, der durch das Rückkopplungsaudion oder den Transformatorverstärker niemals erreicht wird.

Durch Hinzuschalten der Hochfrequenzröhre (Antenne in 3) läßt sich ohne Benutzung der Rückkopplung (Kurzschlußstecker in 5—6) unter Verwendung einer entsprechenden Endröhre und der dazu gehörigen Anodenspannung ohne weiteres eine Saallautstärke erreichen. Für den gewöhnlichen Gebrauch genügt aber die oben angegebene Anodenspannung sowie jede gewöhnliche Lautsprecher-Endröhre vollständig. Ich selbst betreibe den Empfänger an einer nur 5 bis 6 m über dem Erdboden befindlichen, an zwei Seiten von zwei- bis dreistöckigen Gebäuden und an den übrigen Seiten von hohen Bäumen eingeschlossenen 50 m-Antenne und erhalte damit sämtliche stärkeren europäischen Sender (etwa 20) mit guter Lautsprecherstärke ohne Benutzung der Rückkopplung.

Für den Empfang der schwächeren Sender (1 kW und darunter) tritt nun die Rückkopplung und zum Ausschalten benachbarter starker Sender die aperiodische Antenne (Antenne in 1) in Wirksamkeit. Auch diese Sender sind sämtlich bei gutem Arbeiten der Hochfrequenz sowie der Rückkopplung mit ausreichender Lautsprecherstärke zu bekommen. Als Rückkopplung steht zur Verfügung: die Aufhebung der Neutralisierung bzw. eine kapazitive Zusatzkopplung durch das Neutrodon bei kürzeren Wellen und die induktive Rückkopplung durch die Spule 5—6, in der Hauptsache für lange Wellen geeignet. Die Verwendung der Rückkopplung bei diesen Sendern dürfte kaum zu irgendwelchen Unannehmlichkeiten Veranlassung geben, da mit einem klangreinen Empfang schwacher und weit entfernter Sender auch wohl mit den besten Apparaten nicht zu rechnen ist.

An Stelle der Rückkopplung kann natürlich auch eine weitere Hochfrequenzstufe vorgeschaltet werden, die dem erfahrenen Funkbastler Schwierigkeiten nicht bringen dürfte, jedoch wird die Einstellung des Gerätes dadurch wesentlich schwieriger, ohne daß diese Stufe der Rückkopplung gegenüber erhebliche Vorteile aufweisen wird.

Die gute Lautstärke des Gerätes hängt in erster Linie von der Arbeitsweise des Hochfrequenzverstärkers sowie von der richtigen Abgleichung der Widerstände, besonders der Gitterableitwiderstände, ab. Als Detektor verwende man einen stabilen Typ, der monatlich vielleicht einmal nach-

[1]) Vgl. „Funk-Bastler", Jahr 1926, Heft 41, und Jahr 1927, Heft 4.

gestellt werden muß. Auf keinen Fall benutze man aber Hebeldetektoren, die bei der geringsten Erschütterung abrutschen und eine ständige Quelle des Ärgers sind. Der Detektor kann zwar auch durch Blockkondensator und Ableitwiderstand ersetzt werden; ich möchte aber jedem Funkbastler empfehlen, wenigstens einen Versuch mit dem Detektor zu machen, da dadurch der Empfang erheblich an Klangreinheit gewinnt. Auf die Einstellung des Detektors kommt es beim Empfang nicht allzusehr an. Es genügt, daß überhaupt Kontakt vorhanden ist. Je besser die Einstellung jedoch ist, um so klangreiner wird der Empfang.

Für Mitteilung von Empfangsergebnissen von Funkfreunden, die dieses Gerät nachgebaut haben, wäre ich sehr erfreut.

Die Lebensdauer der Niederfrequenztransformatoren

In Heft 3 des „Funk" auf Seite 40 des „Funk-Bastler" haben wir ein Referat über einen Aufsatz in der „Wireless World" wiedergegeben; zu diesen Ausführungen haben viele Funkfreunde Stellung genommen, und eine Fülle von Zuschriften und Anfragen hat uns veranlaßt, hier das Ergebnis unseren Lesern vorzulegen.

Die Meinungen über eine begrenzte Lebensdauer von Niederfrequenztransformatoren widersprechen sich vielfach, jedoch läßt der größte Teil erkennen, daß tatsächlich die Lebensdauer von Niederfrequenztransformatoren vielfach beschränkt ist. Die Firmen, die sich zu dem Referat geäußert haben, bestreiten natürlich für ihre Fabrikate diese Tatsache, jedoch lassen die Mitteilungen der Funkfreunde erkennen, daß dies durchaus nicht immer zutreffend ist. Naturgemäß ist es nicht möglich, sämtliche Zuschriften hier zum Abdruck zu bringen, zumal einzelne derselben außerordentlich lang und weitschweifig sind.

Wir können daher in folgendem einen Teil dieser Zuschriften nur auszugsweise wiedergeben:

„. . . Die von Ihnen angegebenen Erscheinungen sind uns im übrigen bekannt. Sie sind tatsächlich bei fast allen auf dem Markt befindlichen Transformatorenfabrikaten zu beobachten, dürften jedoch für unser Fabrikat nicht zutreffen, da wir in weitgehender Hinsicht Vorkehrungen gegen die von Ihnen beschriebenen Zerstörungsmöglichkeiten getroffen haben. Da wir bislang keinerlei Reklamation in dieser Richtung vorliegen haben, glauben wir mithin auch die richtigen Mittel zur Vermeidung der von Ihnen beschriebenen Erscheinungen getroffen zu haben.

Dr. Dietz & Ritter G. m. b. H.,
Hersteller der „Körting"-Transformatoren.

*

„Zu dem Aufsatz ‚Die Lebensdauer von Niederfrequenztransformatoren' teile ich ihnen mit, daß ich bisher an vier Niederfrequenztransformatoren die Zerstörung der Primärseite feststellen konnte. Je zwei waren vom gleichen Fabrikat. Leider kann ich die Firmen nicht mehr angeben, da ich diese Beobachtungen vor ungefähr 1½ Jahren gemacht habe." W. K., Berlin.

„. . . Mein Niederfrequenzverstärker streikte; eine Messung ergab, daß die Sekundärseite des ersten Transformators unterbrochen war. Nach Abnahme der Umhüllung fand ich den Drahtbruch in der dritten Lage. Die Bruchstelle, unter dem Vergrößerungsglas betrachtet, zeigte, daß der Draht einen Knick hatte, der zwar bei der Montage wieder gerade gebogen worden war.

Ein andermal kam ein Hörer zu mir, ‚sein Verstärker gehe nicht'. Eine Messung des Transformators mit dem Ohmmeter zeigte, daß die Sekundärseite mit der Primärseite Schluß hatte. Ich zerlegte den gekapselten Transformator, wickelte die Sekundärwicklung ab, und es stellte sich heraus, daß die Isolation zwischen Primär und Sekundär zu kurz war, so daß sich die beiden Wicklungen berührten; durch das Zusammenpressen der Spule bei der Montage des Transformators dürfte die Lackisolation verletzt worden sein, was dann den Kurzschluß der beiden Transformatorwicklungen zur Folge hatte.

Im dritten Falle handelte es sich ebenfalls um die Sekundärwicklung. Bei der Reparatur war jedoch nichts zu sehen, was auf einen Fehler irgendwelcher Art schließen ließ. Nach der Reparatur in das Gerät wieder eingebaut, arbeitet derselbe seit einem dreiviertel Jahr wieder zur vollsten Zufriedenheit, an seiner Primärseite liegen 220 Volt Anodenstrom.

Nach dem Befund dieser drei Fälle komme ich zu der Ansicht, daß es mehr auf die bei der Herstellung der Transformatoren verwendete Sorgfalt ankommt als auf die im ‚Funk' besprochenen Ursachen; es ist zwar eigentümlich, daß es bei mir stets die Sekundärseite war, ich glaube jedoch, daß sich dafür keine Norm aufstellen läßt, welche Wicklung zuerst defekt wird." Ernst Hildenbrand, Feuchtwangen.

„Die in der ‚Wireless World' mitgeteilten Beobachtungen kann ich (leider) bestätigen. Innerhalb eines halben Jahres habe ich zwei Niederfrequenztransformatoren in der geschilderten Weise eingebüßt, ein dritter ist (offenbar) durch Kurzschließung einer größeren Zahl von Windungen beschädigt und hat die Leistungsfähigkeit des Zweiröhrengeräts sehr herabgesetzt." Ernst Michler, Liegnitz.

„. . . Diese Mitteilungen decken sich genau mit den Erfahrungen, die ich mit der gleichen Anordnung gemacht habe. In Deutsch-Ostafrika, wo es während des Krieges meine Aufgabe war, die Schutztruppe mit den für uns lebenswichtigen Nachrichten von der Heimat — Funknachrichten von Nauen — zu versorgen, stand mir ein Detektorempfänger mit zweifacher Niederfrequenzverstärkung zur Verfügung. Etwa ein halbes Jahr lang arbeiteten die Verstärker einwandfrei und trugen dazu bei, daß wir weit mehr Nachrichten aufnehmen konnten, als es bis dahin ohne Verstärker mit einfachem Detektorgerät möglich gewesen war; dann aber zeigten sich die Erscheinungen, die in der Mitteilung der ‚Wireless World' beschrieben sind: heftiges Geräusch und starkes Schwanken der Lautstärke und endlich vollständiges Versagen. Die Untersuchung ergab in jedem Fall eine Unterbrechung der Primärwicklung des zweiten Transformators, die schadhaft wurde. Die Wicklungen des ersten Transformators und die Sekundärwicklung des zweiten Transformators sind immer in Ordnung gewesen.

Da keine Ersatzspule zur Verfügung stand, mußte jedesmal die mühselige Arbeit der Instandsetzung des beschädigten Transformators vorgenommen werden. Mit einer einfachen Bindewickelmaschine — ein anderes Hilfsmittel stand uns im afrikanischen Busch nicht zur Verfügung — wurden die Spulen (72 000 Windungen) abgewickelt und neu gespult.

Die eigentliche Ursache der Beschädigungen ist nicht gefunden worden. An den Unterbrechungsstellen zeigte der Draht stets eine grünliche Oxydfärbung. Beim Abspulen wurden über die ganze Länge des Drahtes viele so gefärbte Stellen gefunden, die schon die künftigen Unterbrechungsstellen andeuteten und die erkennen ließen, daß der Transformator die Grenze seiner Lebensdauer erreicht hatte. In der Tat, hatte sich die Spule erst einmal schadhaft gezeigt, folgten weitere Unterbrechungen in sehr kurzen Zeiträumen."
Postinspektor Peperkorn, Kiel.

„Zu dem Aufsatz in Heft 3 des ‚Funk' über die Lebensdauer von Niederfrequenztransformatoren möchte ich bemerken, daß mir ein Verkaufsgeschäft für Radioartikel bekannt ist, bei welchem es eine alltägliche Erscheinung ist, daß gekaufte Niederfrequenztransformatoren nach einiger Zeit von den Käufern wieder zurückgebracht werden, weil die Primärwicklung unterbrochen ist. Es handelt sich stets nur um diese." Richard Weiß, Berlin N.

„Die in Heft 3 beschriebene Erscheinung beobachtete ich ebenfalls an einem Niederfrequenztransformator billiger Ausführung. Er wurde nur gebraucht, wenn Verstärkung der Audionleistung nötig war, durchschnittlich zwei Jahre lang eine viertel Stunde am Tag. Vor etwa drei Monaten zeigte sich eine starke Abnahme der Lautstärke, so daß er außer Betrieb gesetzt wurde. Jetzt wurde bei Prüfung mit 50 Volt Unterbrechung der Primärwicklung festgestellt. Beim Abwickeln zeigten sich an der untersten Lage der Primärwicklung in der Nähe der beiden Abschlußringe etwa sechs vollständige Unterbrechungen, während der Draht an verschiedenen anderen Stellen bei leisestem Zug riß. Einige Unterbrechungsstellen zeigten hellgrüne feste Perlen, die teilweise den doppelten Durchmesser des Drahtes hatten. Es dürfte also Grünspanbildung unter Einfluß von Feuchtigkeit und Luft vorliegen. Der Draht war auf lackiertem Pappkern aufgewickelt. Der Lack zeigte keinerlei Feuchtigkeitsaufnahme, hatte aber in der Nähe der Ansatzstellen der Abschlußringe einige Undichtigkeiten, durch die sich der Feuchtigkeitszutritt erklären ließe." Reinhold Lehmann, Hellerau.

Nach diesen Erfahrungen scheint es festzustehen, daß bei der Herstellung der Wicklung der Transformatoren sehr leicht kleine Nachlässigkeiten unterlaufen, die eine Begrenzung der Lebensdauer der Niederfrequenztransformatoren herbeiführen. Es ist jedoch anzunehmen, daß die Herstellerinnen nunmehr auf eine völlig makellose Herstellung besonderes Gewicht legen werden.



Arbeitscharakteristiken und Gittervorspannung bei Niederfrequenzverstärkern

Von
Albrecht Forstmann.

I. Die Verhältnisse bei Transformatoren- und Drosselspulen-Verstärkern.

Über die Bedeutung und zweckmäßige Wahl der günstigsten Gittervorspannung ist schon viel geschrieben worden, und es mag müßig erscheinen, hier noch einmal darlegen zu wollen, wie man die Gittervorspannung einstellt. Die Verhältnisse liegen jedoch längst noch nicht so klar, wie es dem ersten flüchtigen Blick scheinen mag.

Wir wissen, daß wir bei Verstärkern nur in der Mitte des geradlinigen, im Gebiet negativer Gitterpotentiale liegenden Teils der Röhrencharakteristik arbeiten dürfen. Wir wissen weiter, daß beim Arbeiten am Kennlinienknick die Form der ans Gitter der Röhre gelegten Wechselspannungen im Anodenkreis nicht gewahrt bleibt und daß wir eine Reihe von Oberschwingungen erhalten, die in der angelegten Gitterwechselspannung nicht, oder doch in einem anderen Größenverhältnis zur Grundschwingung vorhanden waren. Wir wissen schließlich, daß wir nicht in einem Kennliniengebiet arbeiten dürfen, in dem Gitterstrom fließt, da auch dieser Strom Anlaß zu Verzerrungen geben kann.

Bei diesen Betrachtungen ist nun stets die sogenannte statische Röhrencharakteristik zugrunde gelegt worden, also die Kennlinie, die man erhält, wenn man den Anodenstrom einer nur mit dem Widerstand des Meßinstrumentes (d. h. praktisch unbelasteten) Röhre in Abhängigkeit von der Gitterspannung aufträgt.

Diese Betrachtungsweise ist zwar, wenn man die Einwirkungen der ungeraden Kennlinienteile auf die Kurvenform nur qualitativ erklären will, gut anwendbar und erleichtert zweifellos das Verständnis erheblich. Ist jedoch diese Betrachtungsweise auch ohne weiteres auf die dynamischen Verhältnisse, also die, die praktisch beim Betrieb des Verstärkers nur in Frage kommen, übertragbar? Um diese Frage zu klären, müssen wir einmal untersuchen, welchen Einfluß die Verstärkungsvorgänge auf die Arbeitsweise der Röhre, besonders auf die Gestaltung der Kennlinienverhältnisse ausüben.

Die Steilheit der *dynamischen* Kennlinie ist allgemein gegeben durch die Beziehung

$$S_A = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{|\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_i|}.$$

Für den Fall, daß im Anodenkreis der Röhre eine Induktivität, also ein Transformator oder eine Drossel liegt, geht diese Formel über in den Ausdruck

$$S_A = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{\sqrt{(R_a + R_i)^2 + \omega^2 L^2}}$$

in der L die Selbstinduktion von Drossel oder Transformator bedeutet. Vernachlässigt man den Ohmschen Widerstand der Spule R_a gegenüber dem inneren Röhrenwiderstand R_i, da er diesem gegenüber in der Regel klein ist, so ergibt sich für die Steilheit der dynamischen Kennlinie der Wert

$$S_A = \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_i^2 + \omega^2 L^2}}.$$

In diesem Ausdruck sind konstant der innere Röhrenwiderstand und — gute Transformatoren und nicht zu große Gleichstromvormagnetisierung sowie Konstanz des Anodenarbeitsgleichstroms vorausgesetzt — auch die Selbstinduktion L, während die Kreisfrequenz ω entsprechend dem zu verstärkenden niederfrequenten Band variabel ist.

Da die Kreisfrequenz im Nenner steht, so wird die Steilheit der dynamischen Kennlinie um so kleiner sein, je höher die Frequenz ist, das bedeutet aber, daß der aussteuerbare, geradlinige Kennlinienteil um so größer wird im Vergleich zur statischen Röhrenkennlinie, je höher die Frequenz ist, da dann die dynamische Kennlinie gegenüber der statischen erst bei stärker negativen Gitterpotentialen gekrümmt wird, auch nimmt der Krümmungsradius mit wachsender Frequenz ab. Kurz ausgedrückt erfährt die dynamische Kennlinie durch Drehung im statischen Arbeitspunkte gegenüber der statischen Röhrenkennlinie eine Verflachung (Abb. 1).

Als statischer Arbeitspunkt sei hier der Schnittpunkt eines auf der Abszisse im Punkte der negativen Gittervorspannung gefällten Lotes mit der statischen Röhrenkennlinie bezeichnet.

In der oben angegebenen Formel ist jedoch die schädliche Kapazität noch nicht berücksichtigt. Die dynamische Arbeitskennlinie wird sich zunächst so lange verflachen, bis der Scheinwiderstand der Selbstinduktion gleich dem Scheinwiderstand der schädlichen Kapazität würde, in diesem Falle würde — bei Fehlen einer Dämpfung — der äußere Scheinwiderstand unendlich groß werden, die dynamische Kennlinie liefe parallel zur Abszisse, und zwar in dem Abstand, der dem durch die Spule fließenden Gleichstrom entspräche. Mit weiter zunehmender Frequenz würde dann die dynamische Kennlinie unter dem Einfluß der schädlichen Kapazität wieder fallen und bei sehr hohen Frequenzen, die weit oberhalb des Gebietes hörbarer Schwingungen liegen — gute Transformatoren vorausgesetzt —, schließlich in die statische Kennlinie übergehen.

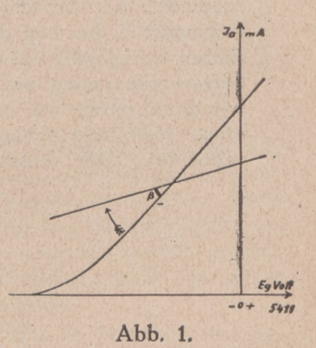


Abb. 1.

Wir haben hier die Arbeitskennlinie als eine Kurve erster Ordnung (gerade Linie) aufgefaßt; dies gilt aber nur für den Fall, daß der Anodenkreis nur mit einem rein Ohmschen Widerstand oder einem so wirkenden (Resonanzfall) belastet ist. Ist dies, wie bei vorwiegend induktiver oder kapazitiver Belastung, aber nicht der Fall, so stellt, wenn man als Arbeitskennlinie die Bewegung des dynamischen Arbeitspunktes durch das Kennlinienfeld in Abhängigkeit von der Amplitude definiert, infolge der Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung diese eine Kurve zweiter Ordnung, und zwar eine Ellipse dar.

Da nun aber die Arbeitsbedingungen durch diese Veränderung der Kurvenform nicht berührt werden, so wollen wir auch bei den hier zur Besprechung stehenden Fällen hinsichtlich der Kurvenform so verfahren, als wäre die induktive — später auch die kapazitive — Belastung eine rein Ohmsche von der absoluten Größe ωL bzw. bei kapazitiver Belastung eine Ohmsche von der Größe $\frac{1}{\omega C}$.

Es ist nun die günstigste Gittervorspannung für die Frequenz festzustellen, bei der der Neigungswinkel β der dynamischen Kennlinie gegenüber der statischen am kleinsten ist. Da der Einfluß der schädlichen Kapazität bei hohen Frequenzen bei guten Transformatoren gegenüber dem Einfluß der Selbstinduktion bei tiefen Frequenzen — wir legen ein niederfrequentes Band von $\omega = 200 - 63\,000$ für den Rundfunk zugrunde — auch bei hohen Selbstinduktionen vernachlässigt werden kann, so bedeutet das, daß bei Belastung des Anodenkreises mit Induktivitäten die günstigste Gittervorspannung auf Grund der dynamischen Kennlinie für die tiefste Frequenz zu ermitteln ist.

Hier sei eine solche Rechnung durchgeführt: Haben wir einen guten Transformator und ist der im Anodenkreis fließende Strom nicht zu groß (je geringer er ist, um so größer ist wegen der geringeren Vorbelastung die Permeabilität μ und damit die Selbstinduktion)[1], so können wir im allgemeinen mit einer Selbstinduktion von L = 40 Henry rechnen; haben wir beispielsweise eine Röhre mit einem Durchgriff von D = 0,15 und einer Steilheit von S = 0,5 mA/V, also einem inneren Röhrenwiderstand von R_i = 13 000 Ohm, so erhalten wir eine dynamische Steilheit für die untere Grenzfrequenz von $\omega = 200$ von

$$S_A = tg\alpha_A = \frac{1}{0{,}15} \cdot \frac{1}{\sqrt{169 \cdot 10^6 + 64 \cdot 10^6}} = 0{,}4 \text{ mA/V}.$$

Um die günstigste Vorspannung zu erreichen, müssen wir so vorgehen: Durch den Punkt A in Abb. 2, also dem Punkt, in dem die statische Röhrenkennlinie beginnt mit stärker negativen Gitterpotentialen gekrümmt zu verlaufen, ziehen wir eine Parallele zur Abszisse und legen im Schnittpunkte B mit dem bei einem Gitterpotential von —1 Volt (Punkt C) gefällten Lot (nach stärker positiven Gitterpotentialen können wir im allgemeinen wegen der dort einsetzenden Gitterströme nicht gehen) an die Linie A—B den Winkel α_A den wir aus der Beziehung $S_A = tg\alpha_A$ entnehmen können. Der freie Schenkel dieses Winkels schneidet die statische Röhrenkennlinie im Punkte D. Der Fußpunkt E des von diesem Punkte D auf die Abszisse gefällten Lotes gibt uns dann die für unseren Fall günstigste Gittervorspannung an. Den Aussteuerungsbereich erhalten wir dann, indem wir um den Punkt E mit dem Radius E—C einen Halbkreis schlagen, der die Abszisse im Punkte F schneidet. Der Aussteuerungsbereich erstreckt sich dann

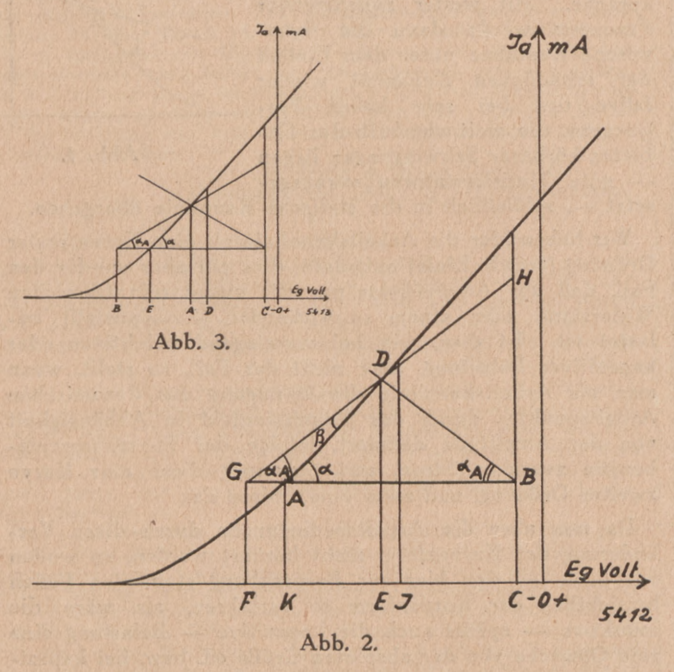


Abb. 3.

Abb. 2.

vom Punkte E beiderseits nach F und C. Ein um D mit am Radius D B beschriebener Halbkreis schneidet die Linie A B in ihrer Verlängerung im Punkte C. Die Verbindungslinie C über D bis H ist dann die Arbeitskennlinie für die Kreisfrequenz $\omega = 200$ unter Berücksichtigung der vorher gemachten Einschränkung.

Man könnte zwar auch noch an gekrümmten Teilen der dynamischen Kennlinie arbeiten, ohne hörbare Verzerrungen zu erhalten, da der Krümmungsradius mit kleiner werdendem Winkel α_A abnimmt; die Ermittlung der günstigsten Gittervorspannung würde dann jedoch erheblich schwieriger sein und eine Reihe komplizierter mathematischer Berechnungen erfordern; auch würde die Aufrechterhaltung der dann geforderten Voraussetzungen im praktischen Betrieb nicht immer mit der erwünschten Genauigkeit möglich sein, so daß die Einstellung der rein theoretisch günstigsten Gittervorspannung eine Frage von größerer theoretischer als praktischer Bedeutung ist.

Bei Einstellung der günstigsten Gittervorspannung auf Grund rein theoretischer Erwägungen müßte zunächst die Krümmung der Arbeitskennlinie für die untere Grenzfrequenz berücksichtigt werden, denn die Größe einer Kurvenformverzerrung ist proportional der dynamischen Kennlinienkrümmung und dem Quadrat der Gitterwechselspannung. Ferner wäre der Einfluß der Anodenrückwirkung zu beachten, insbesondere auch eine die Permeabilität und damit die Größe der Selbstinduktion stark beeinflussende Änderung des Anodenarbeitsgleichstroms sowie die entsprechende Rückwirkung.

Wir erhalten, wenn wir die günstigste Gittervorspannung auf Grund dynamischer Verhältnisse einstellen, also e i n e n g r ö ß e r e n A u s s t e u e r b e r e i c h, als wenn wir nur die statischen Verhältnisse zugrundelegen, bei denen die Gittervorspannung am besten bei J läge; der Aussteuerungsbereich erstreckte sich dann von J beiderseits nach K und C.

Wählen wir die untere Grenzfrequenz noch höher, beispielsweise mit $\omega = 300$ — höher sollte man nicht gehen — und ist die Selbstinduktion des Transformators ebenfalls höher, beispielsweise L = 60 Henry — bei großem Eisenkern ist dieser Wert nicht schwer zu erreichen —, so werden die Verhältnisse noch günstiger, wie aus Abb. 3 zu ersehen ist.

Die auf Grund der statischen Kennlinie ermittelte günstigste Gittervorspannung läge hier beim Punkte A, der entsprechende Aussteuerungsbereich erstreckte sich vom Punkte A beiderseits nach B und C, während die auf Grund der dynamischen Verhältnisse ermittelte günstigste Gittervorspannung beim Punkte D läge, und der Aussteuerungsbereich sich beiderseits vom Punkte D bis E und C erstrecken würde.

Hat man verhältnismäßig kleine Gitterwechselspannungen und ist deren Scheitelwert bekannt, so kann man, um möglichst kleine Anodenströme und damit auch günstigere Permeabilitätsverhältnisse zu erzielen, folgendermaßen verfahren.

Auf dem einen Schenkel des Winkels α_A trägt man den bekannten Scheitelwert der Gitterwechselspannung E_g auf und errichtet in dem so erhaltenen Punkte ein Lot, welches den anderen Schenkel des Winkels α_A schneidet. Legt man nun in diesem Schnittpunkt an den Schenkel des Winkels α_A den Winkel β, so schneidet dessen freier Schenkel denjenigen Schenkel des Winkels α_A, auf dem wir die Gitterwechselspannung aufgetragen haben, in einem bestimmten Punkte. Das so begrenzte Stück des freien Schenkels des Winkels β tragen wir in der Abb. 2 vom Punkte A aus auf der statischen Röhrenkennlinie nach oben auf und fällen von dem so erhaltenen Punkt ein Lot auf die Abszisse, dessen Fußpunkt uns dann die für diesen Fall günstigste Gittervorspannung angibt.

Durch Anwendung dieses Verfahrens können wir einmal A n o d e n s t r o m s p a r e n und brauchen für die Spannungsverstärkerstufen evtl. nur g e r i n g e r e A n o d e n s p a n n u n g e n, während wir andererseits auch infolge Erhöhung der Permeabilität die W i e d e r g a b e v e r h ä l t n i s s e v e r b e s s e r n können.

Noch günstiger als bei gewöhnlichen Transformatorenverstärkern liegen die V e r h ä l t n i s s e b e i m G e g e n t a k t v e r s t ä r k e r. Haben wir hier beispielsweise eine gute Endröhre mit einem Durchgriff von D = 0,2 und einer Steilheit von S = 1 mA/V, also einem inneren Röhrenwiderstand von R_i = 5000 Ohm, und verwenden wir einen guten Transformator, so können wir, da er unbelastet arbeitet, mit ziemlich hohen Permeabilitäten, also ziemlich hohen Selbst-

[1]) Die Selbstinduktion ist annähernd gegeben durch den Ausdruck $L = 4\pi \cdot \mu \cdot V \cdot \xi^2 \cdot 10^{-9}$.

induktionen rechnen. Ist die Selbstinduktion beispielsweise $L = 80$ Henry, so erhalten wir für die Steilheit der dynamischen Kennlinie bei einer Kreisfrequenz von $\omega = 200$ als untere Grenzfrequenz den Wert

$$S_A = tg\alpha_A = \frac{1}{0{,}2} \cdot \frac{1}{\sqrt{25 \cdot 10^6 + 256 \cdot 10^6}} = 0{,}3 \text{ mA/V.}$$

Verfahren wir nun wieder nach der Methode der Abb. 2, so erhalten wir Abb. 4: die dynamische Arbeitskennlinie für die Kreisfrequenz $\omega = 200$ ist schon ziemlich geneigt und weicht daher schon entsprechend stark von der statischen Röhrenkennlinie ab. Während die auf Grund statischer Verhältnisse ermittelte günstigste Gittervorspannung bei D läge und entsprechend der Aussteuerungsbereich sich von D beiderseits bis C und E erstreckte, liegt der auf Grund dynamischer Verhältnisse ermittelte günstigste Gittervorspannungspunkt bei A, der Aussteuerungsbereich erstreckt sich von A beiderseits nach B und C, ist also um 50 v. H. größer als der auf Grund statischer Verhältnisse ermittelte.

Wählt man wieder wie oben die untere Grenzfrequenz zu $\omega = 300$ und rechnet mit einer Selbstinduktion von $L = 100$ Henry, so erhält man Abb. 5: der Aussteuerungsbereich auf Grund der dynamischen Verhältnisse ist um 75 v. H. größer als der auf Grund der statischen Verhältnisse ermittelte. Je höher die Selbstinduktion und je höher man die untere Grenzfrequenz wählt, um so tiefer rückt der günstigste Arbeitspunkt auf der statischen Röhrencharakteristik und nähert sich schließlich dem Einsatzpunkt des unteren Knicks.

Ist die Größe der Gitterwechselspannung bekannt, so kann man die günstigste Gittervorspannung auch hier, wie oben für den gewöhnlichen Transformatorenverstärker geschildert, einstellen und dadurch an Anodenstrom sparen.

Die experimentell festgestellte Tatsache, daß man namentlich bei Gegentaktverstärkern, und hier besonders in den Spannungsverstärkerstufen, den Arbeitspunkt viel weiter nach negativen Gitterpotentialen verlegen konnte, als man es nach den statischen Verhältnissen eigentlich tun dürfte, ohne Verzerrungen zu erhalten, hat gewiß auch zu der falschen Behauptung geführt, man könnte den Arbeitspunkt überhaupt in den unteren Knick verlegen, gleichviel wie stark die Krümmung der statischen Kennlinie im Arbeitspunkte wäre, da durch gegenphasige Überlagerung Verzerrungen aufgehoben würden, das ist natürlich, wie Reppisch[2]) qualitativ nachgewiesen hat (quantitativ sind die Verzerrungen nicht ganz so groß), falsch. Man kann zwar, wie dies eingangs erwähnt wurde, den unteren Teil der dynamischen Kennlinie für die untere Grenzfrequenz in einem noch nicht sehr gekrümmten Gebiet der statischen Kennlinien verlaufen lassen, ohne Verzerrungen befürchten zu müssen, das darf aber nun nicht so übertrieben werden, daß man die dynamische Kennlinie ganz oder doch zum großen Teil in gekrümmten Gebieten der statischen Kennlinie verlaufen läßt. Man sollte praktisch überhaupt dafür sorgen, daß die dynamische Kennlinie für die untere Grenzfrequenz — für die anderen Frequenzen geschieht es dann erst recht — nur in Gebieten geradliniger Teile der statischen Kennlinien verläuft.

Bei allen diesen Feststellungen wird vorausgesetzt, daß der Einfluß schädlicher Kapazitäten bei hohen Frequenzen geringer ist als der Einfluß der Selbstinduktion bei tiefen Frequenzen, d. h. der aus der Verstärkungskurve zu entnehmende Verstärkungswert für die obere Grenzfrequenz muß größer sein als jener für die untere Grenzfrequenz, bei guten Transformatoren ist dies aber der Fall[3]).

Fassen wir unsere Betrachtungen kurz zusammen, so können wir folgendes feststellen:

1. Bei Transformatoren- und Drosselverstärkern ergibt eine auf Grund dynamischer Verhältnisse ermittelte Gittervorspannung bessere Aussteuerungsmöglichkeiten als eine auf Grund statischer Verhältnisse ermittelte.
2. Bei normalen Transformatorenverstärkern ist die Abweichung praktisch nicht sehr wesentlich, hingegen läßt sich bei Gegentaktverstärkern durch Feststellung der günstigsten Vorspannung auf Grund dynamischer Verhältnisse eine weit bessere Aussteuerungsmöglichkeit erzielen, als dies auf Grund statischer Feststellungen möglich wäre.

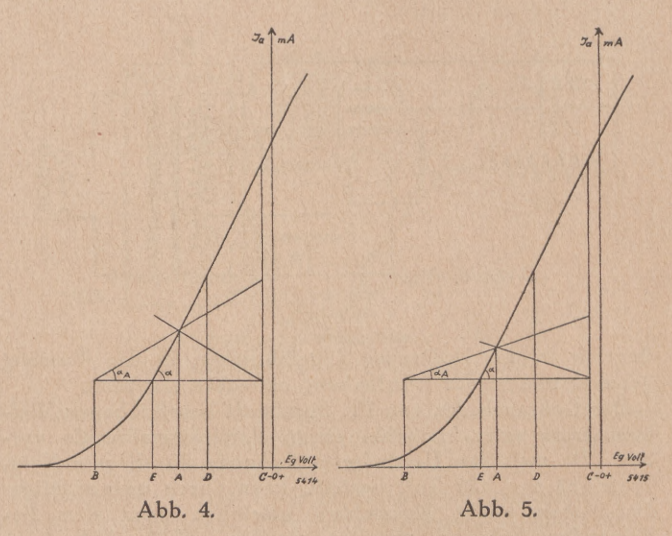


Abb. 4. Abb. 5.

3. Sind die Scheitelwerte der Gitterwechselspannungen bekannt, so kann man sowohl beim gewöhnlichem Transformatoren- als auch beim Gegentaktverstärker durch zweckmäßige Wahl der günstigsten Gittervorspannung sowohl an Anodenstrom und Anodenspannung sparen, als auch die Wiedergabeverhältnisse durch geringere Gleichstromvorbelastung verbessern.

Nachdem wir in vorstehendem die Verhältnisse, die bei Transformatoren- und Drosselverstärkern zu berücksichtigen sind, festgestellt haben, wollen wir im nächsten Heft dazu übergehen, die V e r h ä l t n i s s e b e i W i d e r s t a n d s - v e r s t ä r k e r n zu untersuchen. (Fortsetzung folgt.)

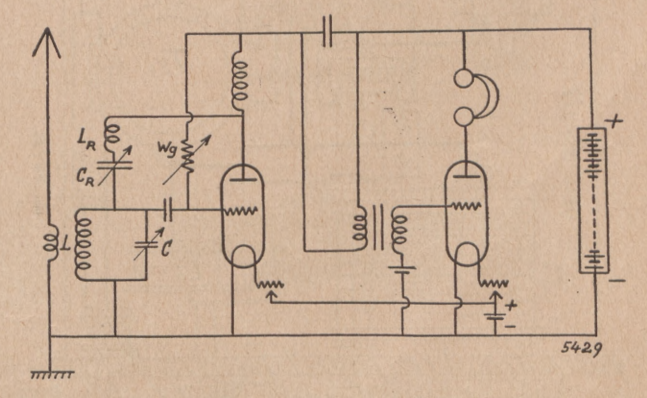
[2]) Vgl. Hans Reppisch: „Die Theorie der Gegentaktschaltung" in Heft 7 des „Funk", Jahr 1926.

[3]) Als bestgeeignet ergaben sich bei meinen Versuchen die Erzeugnisse des Typs „Konzert" von Telefunken.

Eine gute Empfangsschaltung für alle Wellen.

Nach Amateur Wireless 10. 194. 1927 / Nr. 243 — 5. Februar.

In der Abbildung ist eine Schaltung wiedergegeben, die in England durch ihre vorzüglichen Fernempfangsergebnisse



auf kurzen Wellen bekanntgeworden ist und die sich bei Verwendung geeigneter Spulen für den weiten Wellenbereich von 12 bis 3000 m verwenden läßt. Die Rückkopplung wird durch die Spule L_R die mit der Gitterspule L gekoppelt ist, erzielt und kapazitiv mittels des Kondensators C_R geregelt. Der Gitterwiderstand Wg liegt zwischen Gitter und Pluspol der Anodenbatterie und ist veränderlich. Durch diese Anordnung soll eine 30prozentige Erhöhung der Lautstärke zu erzielen sein.



Der Numan-Wellenmesser am Wechselstromnetz

Von

Harry Forbath, Budapest.

In Heft 3 des „Funk-Bastler", Jahr 1927, Seite 37, beschreibt Dr. Curt Borchardt einen Wellenmesser für direkten Netzanschluß. Ich selbst benutze seit längerer Zeit einen selbstkonstruierten Wechselstromnetzanschluß-Wellenmesser,

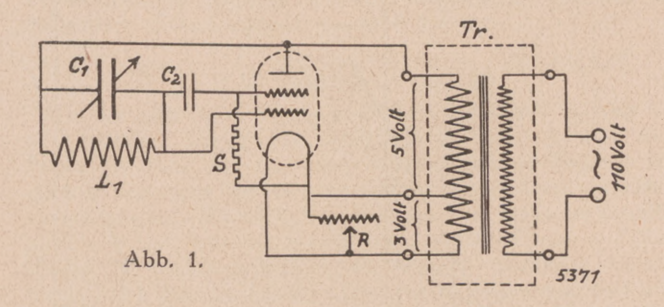


Abb. 1.

der mir in der Bedienung ungefährlicher, in der Messung genauer und in der Handhabung einfacher erscheint.

Der Gebrauch des von Dr. Borchardt beschriebenen Wellenmessers setzt immerhin einige Vorsichtsmaßregeln voraus. Da zwischen Heizfaden und Anode die direkte Netzspannung von 120 Volt besteht, kann durch unvorsichtiges Handhaben leicht Kurzschluß entstehen oder dem Bedienenden Schaden zugefügt werden. Nach Abb. 1 in Heft 3 auf Seite 37 ist zwischen Gitter- und Anodenspule eine variable Kopplung vorgesehen, was eigentlich schon eine Ungenauigkeit der Messungen herbeiführt, da bekanntlich bei festerer Kopplung die Frequenz des Schwingungskreises geändert wird. Es ist also einerseits die Eichung des Instrumentes durch die variable Kopplung und andererseits die Bedienung durch das Auswechseln zweier Spulen bei Messung verschiedener Wellenbereiche sehr erschwert. Betreibt der Amateur schon einen Röhrenwellenmesser, so darf er auf Zuverlässigkeit, unbedingte Genauigkeit und leichte Handhabung nicht verzichten, sonst tut es auch ein Summergerät.

Alle die Vorzüge eines idealen Wellenmessers vereinigt die nebenstehende Schaltung (Abb. 1); es ist der bekannte

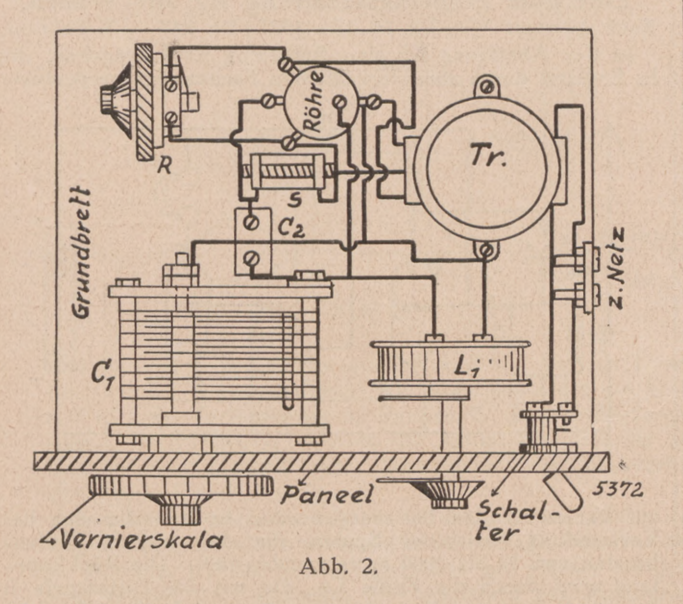


Abb. 2.

Numan-Oszillator mit Doppelgitterröhre, dessen Wirkungsweise als bekannt vorausgesetzt wird. An der Schaltung ist nur die Art des Wechselstromnetzanschlusses neu. Da zum Betriebe dieser Schaltung nur etwa 5 bis 8 Volt erforderlich sind, ist ein gewöhnlicher Klingeltransformator zur Gewinnung des Betriebsstromes aus dem Wechselstromnetz wie geschaffen. In diesem wird der Strom von 110 Volt auf 8 Volt herabtransformiert. Bei den im Handel erhältlichen Typen ist die Sekundärspule angezapft, so, daß je nach Bedarf Spannungen von 3, 5 und 8 Volt abgenommen werden können (vgl. Abb. 1).

Den kürzeren Teil der Sekundärspule (3 Volt) benutzen wir zur Heizung der Röhre. Der Heizwiderstand R (etwa 30 Ohm bei einer Sparröhre von 2,5 bis 3,5 Volt Fadenspannung und 0,06 Amp Heizstrom) ist mit dem Heizfaden parallel geschaltet. Zu beachten ist natürlich, daß in diesem Falle bei voll eingeschaltetem Widerstand die Röhre am hellsten brennt und umgekehrt.

Der restliche Teil der Sekundärspule erzeugt einen Wechselstrom von 5 Volt Spannung, dessen eine Phase von der Röhre abgedrosselt, die andere aber als Anodenstrom durchgelassen wird.

Die im Kreise C_1 L_1 erzeugten Schwingungen sind, ebenso wie bei der in Heft 3 auf Seite 37 beschriebenen Schaltung, durch die Maschinengeräusche des Netzes moduliert; dies hat jedoch den großen Vorteil, daß mit dem Instrument auch

Spulenumschalter
Netzanschluß
Vernierskala
Paneel
Schalter

Abb. 3. 5373

nichtschwingende Empfangsgeräte (Detektor- und Neutrodyneapparate) leicht geeicht werden können.

Als Gitterkondensator C_2 wurde ein solcher von 200 cm benutzt, S hat 2 bis 3 Megohm. Besondere Aufmerksamkeit ist dem Kondensator C_1 zu schenken. Frequenzgleicher Typ, kleine Anfangs- und 500 cm Maximalkapazität, massive, zuverlässige Ausführung, präzise Feineinstellung, sind die Hauptbedingungen.

Als Induktanz eignet sich eine Spule vorzüglich, die im Wellenbereiche von 150 bis 4000 m ohne Spulenwechsel Messungen vorzunehmen gestattet. Die von mir benutzte „Ideal-Blaupunkt-Multidyn"-Spule erwies sich außerdem als sehr konstant. Seit einem halben Jahre im Gebrauch, zeigten sich an der Eichskala nicht die geringsten Abweichungen.

Als Doppelgitterröhre wurde RE 212 benutzt.

Die Zusammenstellung des Gerätes zeigen Abb. 2 und 3. Eine Kopplungsspule erwies sich als überflüssig. Das Instrument wird einfach in die Nähe des zu eichenden Gerätes gebracht. Die Multidynspule wurde im Innern des Apparates angebracht, ihr Umschalthebel mittels eines Verlängerungsstabes aus Ebonit an die Frontplatte verlegt. Letztere trägt außerdem nur die Vernierskala des Kondensators und einen Ausschalthebel für den Netzstrom. Die Heizung der Röhre braucht nur einmal eingestellt zu werden; daher ist der variable Widerstand R ebenfalls im Innern angebracht.



Der Tantal-Gleichrichter

Von

Reinhard Nettelbeck.

Der in Heft 52 des „Funk-Bastler", Jahr 1926, veröffentlichte Aufsatz von Otto Vetter über Versuche mit der Tantal-Gleichrichterzelle veranlaßte mich, die beschriebene Anordnung zu untersuchen. Bisher hatte ich einen Pendel-Vollweg-Gleichrichter in Benutzung, der zwar einwandfrei arbeitete und zufriedenstellende Stromstärken abgab, dafür aber das bekannte durchdringende Surren erzeugte, so daß eine Sammlerladung nur nachts in einem entlegenen Raume möglich war. Die von Vetter angegebene völlige Geräuschlosigkeit der Tantalzelle hatte infolgedessen für mich etwas ungemein Bestechendes; nachdem ich diese Behauptung durch einen Versuch bestätigt fand, probierte ich nacheinander verschiedene Elektrolyte und Elektroden durch, um die abgegebene Leistung nach Möglichkeit noch zu steigern und die freimütig eingeräumten Nachteile zu beseitigen. Dieses ist mir in weitgehendem Maße gelungen,

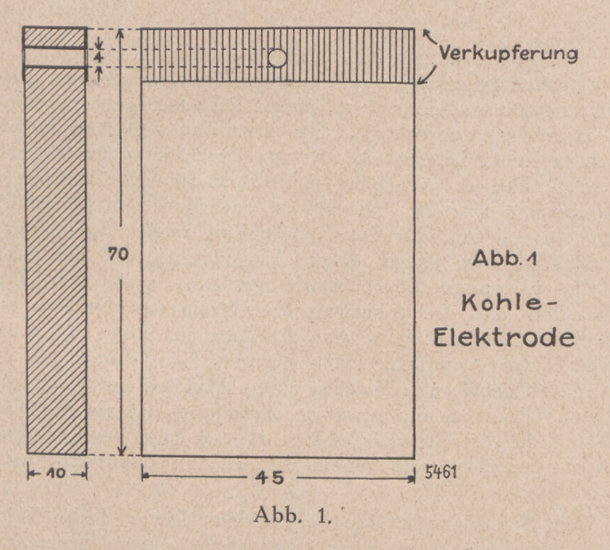


Abb. 1.

wenn sich auch für das teuere Tantalblech kein Ersatz ergeben hat. Da aber auch bei Dauerversuchen an dem Tantalmetall keinerlei Verschleiß bemerkbar war, ist es der Industrie vielleicht möglich, Elektroden aus wohlfeilem Metall mit einer dünnen Tantalschicht zu plattieren, wodurch einer allgemeinen Verwendung dieses Systems der Weg geebnet wäre.

Über das Ergebnis der Versuche ist folgendes zu berichten: Die durch Zusatz von Ferrosulfat zu der Schwefelsäure bewirkte Steigerung des Nutzeffektes ließ sich noch vergrößern, wenn statt Ferrosulfat Kupfersulfat genommen wurde. Eine weitere Steigerung wurde durch Austauschen der Bleielektrode gegen eine Kohleelektrode bewirkt. Diese besteht am besten aus einer gepreßten Kohleplatte, wie sie in galvanischen Anstalten Verwendung finden und ist dort oder in einem Geschäft für Laboratoriumsbedarf erhältlich. Die Bearbeitung mit Metallsäge und Spiralbohrer ist leicht, wenn auch schmutzend. Die für Bogenlampen gebräuchlichen Kohlestifte sind ebenfalls verwendbar, lassen sich aber viel schwerer bearbeiten. Durch die Anwendung der Kohle-Elektrode fällt auch das allmähliche Verschlammen der Zelle und die damit verbundene Reinigung fort. Um während des Betriebes eine gegenseitige Berührung der Elektroden zu vermeiden, wurden die Zwischenräume in der Zelle mit Glaswolle ausgefüllt. Das Verspritzen des Elektrolyten wurde wirksam durch eine etwa 15 mm hohe Schicht Paraffinöl verhindert. Als Abdeckung und gleichzeitig Befestigung für die Tantalelektrode paßte zufällig der Porzellandeckel einer normalen Steckdose. Die so zusammengestellte Zelle arbeitet völlig zuverlässig und geräuschlos; sie wird auch bei Dauerbetrieb nicht mehr als handwarm und liefert bei meinem 4 Volt-Sammler einen Ladestrom von 2 bis 2,3 Amp. Irgendein

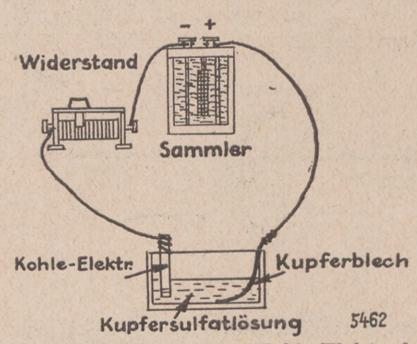


Abb. 2. Verkupfern der Kohle-Elektrode.

Verschleiß ist nicht zu erkennen. Da infolgedessen der Bau des Gerätes nur empfohlen werden kann, sei im folgenden eine genaue Bauanleitung gegeben.

Zuerst beschafft man einen ähnlichen Porzellandeckel wie in Abb. 4 angegeben. Ein dazu passendes Gefäß erhält man sicher bei einem Drogisten in Gestalt eines 250 g-Salbentopfes aus Steingut oder Porzellan. Dann wird die Kohleplatte nach Abb. 1 zugeschnitten und gebohrt. Um guten Kontakt zu erhalten, empfiehlt es sich, die Oberfläche des einen Endes zu verkupfern. Der Besitzer eines Sammlers kann dieses nach Abb. 2 leicht selbst ausführen, indem er die gut mit Benzin entfettete Platte über einen Widerstand mit dem negativen Pole desselben verbindet und soweit in ein mit gesättigter Kupfersulfatlösung gefülltes Gefäß eintaucht, wie sie verkupfert werden soll. Mit dem positiven Pole verbindet man ein kleines Stück Kupferblech, welches man ebenfalls in die Lösung einlegt. Bei einer Stromstärke von etwa 0,1 bis 0,2 Amp erhält man eine feinkörnige und gleichmäßig anhaftende Kupferschicht auf der Kohle. Nach einigen Minuten entfernt man die Platte aus dem Bade, spült sie mit Leitungswasser ab und trocknet sie. Jetzt besorgt man sich einen passenden Messingbolzen mit Scheiben und Mutter und verbleit mit dem Lötkolben den

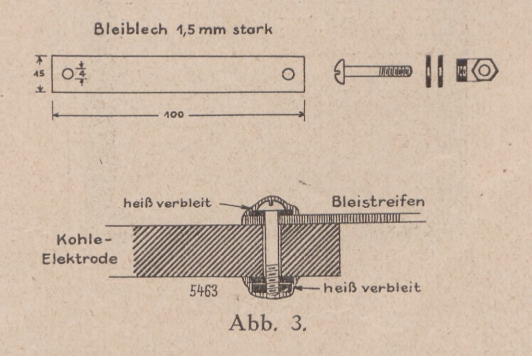


Abb. 3.

Schraubenkopf, die Scheiben sowie die Außenflächen der Mutter. Dann wird ein nach Abb. 3 zugeschnittener und gelochter Bleistreifen mit der Kohleplatte verschraubt. Nun geht man nochmals mit dem Lötkolben über die Verschraubung und bringt eine etwa 1 mm starke Bleischicht auf, damit die Messingteile von dem Elektrolyten nicht angefressen werden, achte dabei aber darauf, daß der angeschraubte Bleistreifen nicht abschmilzt. Nach Erkalten und Reinigung der behandelten Stelle überstreicht man sie und noch etwa zwei Drittel des Streifens mit säurefestem

Lack. Die Tantalelektrode wird nach Abb. 4 gebohrt und mit dem Porzellandeckel verschraubt; die Verschraubung wird ebenso wie oben behandelt (Vorsicht, der Porzellandeckel springt leicht!).

Das Zusammensetzen der Zelle erfolgt nach Abb. 5. Zuerst wird die Kohleplatte eingesetzt und die Glaswolle

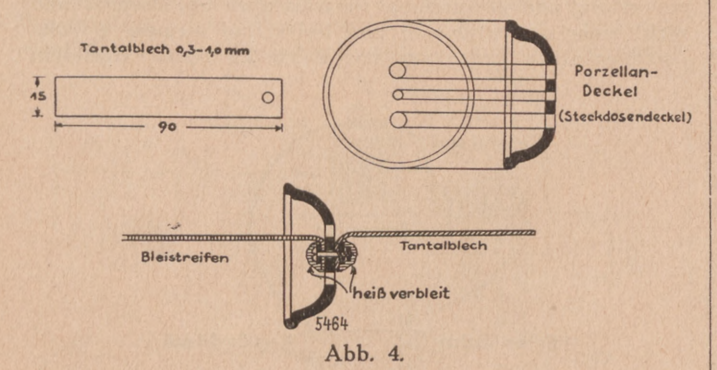


Abb. 4.

nach Zeichnung eingebracht. Dann steckt man die Tantalplatte halb in das Gefäß und stopft nochmals Glaswolle nach, worauf man den Deckel mit dem Tantalblech ganz hineindrückt. Durch eine der beiden Öffnungen im Deckel steckt man nun einen Glastrichter und füllt Schwefelsäure vom spez. Gewicht 1,24 ein, der einige Kubikzentimeter Kupfersulfatlösung zugesetzt sind. Auf die Schwefelsäure gießt man noch etwa 15 mm hoch Paraffinöl. Die Zuleitungsdrähte werden nun mit Klemmschrauben an den

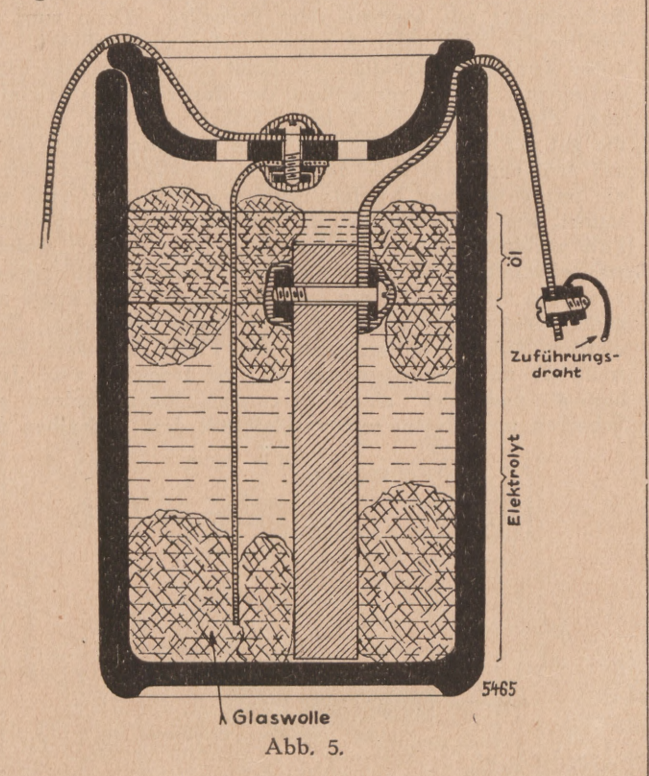


Abb. 5.

Bleistreifen befestigt und diese nach unten gebogen, um die Verbindungsstellen aus dem Bereich der verdunstenden Säure zu bringen, und die Zelle ist betriebsfertig!

Über die Herstellung von Transformatoren ist an dieser Stelle mehrfach geschrieben worden; ich kann mich deshalb auf die Angabe der notwendigen Daten beschränken.

Kern: Unterteiltes Silizium-Eisenblech 0,5 mm, Querschnitt 625 mm².

Spulenkörper außen: 80 × 80 × 80 mm.

Wicklung: Kupferdraht zweimal mit Baumwolle umsponnen; für 220 Volt Netzspannung: Primär 110 Umwindungen 2,2 mm ∅, Sekundär 1300 Umwindungen 0,4 mm ∅.

Zwischen Primär und Sekundär drei Lagen Ölleinen; gewickelte Spule in heißem Paraffin tränken. Auf guten Eisenschluß achten! Schlechter Eisenschluß macht sich durch Brummen und Warmwerden des Transformators bemerkbar.

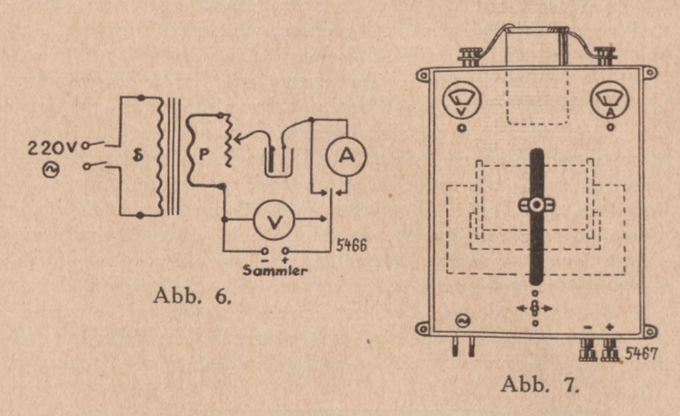


Abb. 6.

Abb. 7.

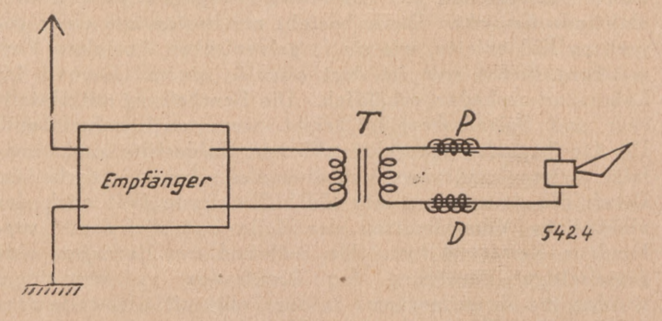
Die Schaltung ist in Abb. 6 nochmals angegeben. Um zu großen Spannungsabfall zu vermeiden, wähle man die Zuleitungen zum Sammler möglichst kurz und gehe nicht unter 1 qmm Drahtquerschnitt. Hat man sich von dem einwandfreien Funktionieren der Anlage durch behelfsmäßigen Zusammenbau überzeugt, so kann die endgültige Montage vorgenommen werden. Hierbei ist natürlich dem persönlichen Geschmack und der Geschicklichkeit weiter Spielraum gelassen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die aus der Zelle tretenden Säuredämpfe geeignet sind, den Transformator und die sonstigen Metallteile des Gerätes anzugreifen. Deshalb ordne man die Zelle auf jeden Fall oberhalb der Apparatur oder getrennt von dieser an. Das Gehäuse erhält zweckmäßig einen Anstrich mit säurefestem Lack. Die von mir gewählte Anordnung ist als Beispiel in Abb. 7 dargestellt; das Gehäuse ist aus 2 mm starkem Eisenblech, welches mit einem säurefesten Ofenlack-Anstrich versehen ist.

Zum Schluß noch eine bescheidene Bitte: Jede Anfrage aus dem Leserkreise über etwa noch unklare Einzelheiten ist willkommen und wird von mir gewissenhaft erledigt. Eine noch größere Freude würde mir aber jeder bereiten, der nach der hier gegebenen Anleitung ein gut arbeitendes Gerät baut und auch diesen Erfolg mir mitteilt.

Die Beseitigung der Störgeräusche bei Verwendung von Netzanoden.

Nach Brit. Pat. 262 979.

Bei Speisung der Röhren aus dem Wechselstromnetz sollen die Netzgeräusche dadurch beseitigt werden können,



daß der Lautsprecher- oder Kopfhörerkreis über einen Transformator T (vgl. Abb.) mit dem Empfänger gekoppelt wird und in diesen Kreis in Serie mit dem Lautsprecher ein oder mehrere Drosseln D eingeschaltet werden.

Wie berechnet man die Wirkung einer Empfangsanlage?

Geislingen-Stg., 18. März.

„Nachdem ich nun verschiedene Literatur über Funktechnik gelesen habe, mich aber keine bisher voll befriedigen konnte, und es schwer ist, unter der vielen angepriesenen Literatur wirklich Gutes herauszufinden, erlaube ich mir, an Sie heranzutreten mit der Bitte um Ihren Rat bzw. Ihre Auskunft. Ich besitze bereits einige Funkbücher; mir genügt dies aber alles noch nicht, denn ich hätte gern Literatur, in der die Berechnung eines Funkapparates ausführlich und klar, möglichst mit Beispielen, beschrieben (z. B. Antennenberechnungen, Hochfrequenzberechnungen und Niederfrequenzberechnungen), kurz, der Aufbau einer vollständigen Empfangsanlage erläutert ist.

Da ich aber den Wunsch habe, noch tiefer in die Funktechnik einzudringen, deshalb auch, weil ich schon sehr viele Geräte gehört und gesehen, bei denen entweder die einzelnen Abstimmelemente der Apparatur nicht zueinander paßten; auch konnte ich schon sehr oft beobachten, wie manche Funkteilnehmer schon nach wenigen Monaten über ihren teuren Apparat gründlich enttäuscht waren und ihn gern wieder verkaufen würden oder auch verkauft haben. Weiterhin ist es ein Jammer, mit anzusehen, wie manche Funkhändler gewissenlos, teils aus Unkenntnis, teils aus geschäftlichen Gründen handeln. Nun, aber Jammern und Klagen hilft hier nicht, ich glaube, es sollte doch gelingen, hier etwas Abhilfe zu schaffen. Da ich nun aber meines einschlägigen Berufes wegen öfter um Rat und Auskunft gebeten werde, so möchte ich die Funktechnik gründlich studieren. Aus diesem Grunde erlaube ich mir, mit dieser Bitte an Sie heranzutreten und sehe somit Ihrer Antwort dankbar entgegen." *Theodor W.*

*

Wir haben der vorstehenden Zuschrift gern Raum gegeben, da sie die Nöte vieler Funkbastler offenbart, und wir möchten hier die Antwort auf die berechtigten Fragen gleich allen denen zugänglich machen, die ähnliche Sorgen haben und gleiche Hoffnungen hegen.

Wenn Herr W. bisher das Buch noch nicht gefunden hat, das er sucht, obwohl er sich schon eifrig darum bemüht hat, dann muß diese Tatsache irgendeinen tieferliegenden Grund haben. Und zweifellos ist ein solcher vorhanden. Gewiß kann man Schwingungskreise nach allen möglichen Gesichtspunkten berechnen; man kann ihre Frequenz bestimmen, man kann gewisse Aussagen über den Einfluß der Dämpfung machen, man kann die Selbstinduktion von Spulen und die Kapazität von Kondensatoren nach gewissen Formeln berechnen, aber das, was dem Einsender vorschwebt, kann man bisher noch nicht. Es ist dies ungefähr dasselbe Problem, als wenn man sich bemüht, eine universell gültige Formel für die Wettervorhersage zu finden. Hier wie dort gibt es zahllose Faktoren, die ihren Einfluß ausüben, und die sich zum Teil zahlenmäßig gar nicht erfassen lassen.

Die Not beginnt bereits beim einfachen Detektorempfänger. Bis heute kann noch kein Mensch sagen, was für eine Antenne in einem bestimmten Fall die günstigste Wirkung ergeben wird, ob eine T-Antenne oder eine L-Antenne oder eine Schirmantenne, und ob man sie zweckmäßig 20 oder 50 oder 100 m lang macht. Wer möchte sich vermessen, im voraus anzugeben, wo eine eindrähtige, wo eine mehrdrähtige oder wo eine Reusenantenne angebracht ist? Jede dieser Formen ist möglich und gibt bei richtiger Konstruktion Empfang. Aber welche von allen diesen Formen in einem bestimmten Fall die günstigste Wirkung ergeben wird, das läßt sich nur durch einen Versuch ermitteln. Die örtlichen Verhältnisse spielen bei diesen Fragen eine entscheidende Rolle. Man kann infolgedessen wohl gewisse Richtlinien angeben, nicht aber bestimmte starre Formeln aufstellen, weil sich viele Einflüsse formelmäßig nicht fassen lassen.

Dann kommt das Empfangsgerät selbst. Auch hier gibt es eine Unmenge von Möglichkeiten; so kann man z. B. entweder eine große Selbstinduktion und eine kleine Kapazität wählen, oder umgekehrt eine kleine Selbstinduktion und eine große Kapazität, da es nur auf das Produkt dieser beiden Größen ankommt, wenn man auf eine bestimmte Wellenlänge abstimmen will. Und dann die Ankopplung des Detektorkreises: man kann eine direkte Kopplung wählen oder eine rein induktive Kopplung. Beide Arten haben ihre Vorteile und ihre Nachteile. Wofür man sich in einem bestimmten Fall entscheiden wird, läßt sich nicht ohne weiteres im voraus sagen. Auch die Wahl des Detektormaterials hat eine gewisse Bedeutung.

Wenn man also daran gehen will, Formeln aufzustellen, wo soll man beginnen? Noch schwieriger wird die Sache beim Audion. Der Vorgang der Audionwirkung kann noch nicht bis in alle Einzelheiten als geklärt bezeichnet werden. Dazu kommt, daß jede Röhre anders arbeitet; sogar bei demselben Röhrentyp bestehen Unterschiede zwischen den einzelnen Exemplaren. Außerdem ist die Arbeitsweise der Röhre abhängig von der Anodenspannung, der Heizung, der Gittervorspannung und überhaupt von der gesamten Schaltanordnung, in der die Röhre verwendet wird. Bei Mehrröhrenempfängern wird eine allgemeingültige Berechnung vollends zur Unmöglichkeit.

Das einzige Gerät, bei dem man gewisse Vorausberechnungen durchführen kann, ist der Verstärker. Natürlich muß man auch hier die Daten der benutzten Einzelteile, besonders der Röhren, genau kennen. Und auch hierbei muß man zunächst einmal gewisse Grundlagen besitzen, die man im allgemeinen nicht anders als durch eine M e s s u n g erhalten kann. Man muß z. B. wissen, wie groß die Eingangsspannung ist, die zur Verfügung steht, wenn man in einem bestimmten Falle imstande sein soll, anzugeben, wieviel und welche Röhren man braucht, um eine gewisse Verstärkerwirkung zu erreichen.

Das dürfte genügen, um zu zeigen, daß die oben vorgebrachten Wünsche leichter ausgesprochen als erfüllt sind. Obwohl hervorragende Forscher in ausgezeichnet ausgerüsteten Instituten auf der ganzen Welt schon seit vielen Jahren die Funktechnik in jeder nur denkbaren Weise bearbeiten, dürften wir von dem ersehnten Ziel doch noch recht weit entfernt sein, und es muß überhaupt als fraglich bezeichnet werden, ob sich dieses Ziel jemals wird erreichen lassen. Aller Voraussicht nach wird es dabei bleiben, daß nur die grundlegenden Prinzipien allgemein festgelegt werden können. Alles weitere muß dann der experimentellen Forschung überlassen bleiben.

Das ist auch der Grund, weshalb wir in jeder Funkzeitschrift immer und immer wieder neue Schaltungen beschrieben finden. Wäre das Ziel, das dem Einsender vorschwebt, erreichbar, dann wäre es nur nötig, ein einziges Mal die entsprechenden Berechnungen durchzuführen; damit wäre dann für jeden beliebigen Empfänger bereits der einzig gangbare oder mindestens der günstigste Weg festgelegt. Aber es ist eben n i c h t so: es sind zu viel Variable vorhanden, die sich nicht alle übersehen und erfassen lassen. Es ist gewissermaßen eine Gleichung mit hundert Unbekannten; ein unlösbares Problem.

Für den Funkfreund bleibt also nichts weiter übrig, als sich zunächst einmal die theoretischen Grundlagen zu verschaffen und dann selbst zu experimentieren. Zu experimentieren und noch einmal zu experimentieren. Natürlich nicht sinnlos drauflos zu basteln, sondern planvoll vorzugehen, sich über jede Veränderung und Wirkung, die sie auslöst, Rechenschaft zu geben. Und daneben gute Bücher und Aufsätze in Zeitschriften zu lesen, um nicht unnötig da Arbeit zu vergeuden, wo andere bereits Pionierdienste geleistet haben. Doch sollte man dabei nicht allzu ängstlich sein. Vier Augen sehen bekanntlich mehr als zwei, und selbst wenn mehrere Forscher ein und dasselbe Problem bearbeiten, so kann man doch nicht ohne weiteres behaupten, daß das alles unproduktive Arbeit sei. Vielfach entgehen dem einen Erscheinungen, die an sich nur unbedeutend sind, unter Umständen aber ganz erhebliche Wirkungen auslösen können.

Theorie und Praxis müssen also einander ergänzen. Die Theorie kann beispielsweise neue Wege zeigen; die Praxis kann sie als richtig bestätigen und kann ihrerseits den

Anlaß zur Aufstellung neuer Theorien geben. In andern Fällen wird es umgekehrt sein; da wird zuerst die Praxis gewisse Erscheinungen aufzeigen, für die dann eine theoretische Erklärung gefunden werden muß.

Will man in der Lage sein, beliebige Schaltungen ohne weiteres zu überblicken und anderen richtige Auskünfte erteilen, dann muß man sich zunächst einmal mit dem gesamten Rüstzeug versehen, so, wie es hier dargelegt worden ist. Allein durch das Studium eines Buches wird man das nie erreichen. Und wenn man in einigen Büchern derartige allgemein gültig sein sollende Berechnungen findet, dann sollte man stets auf der Hut sein. Bei genauerem Hinsehen wird man dann meistenteils entdecken, daß diese Ausführungen ziemlich leichtfertig, bisweilen sogar ausgesprochen falsch sind. Man kann eben immer nur für einen bestimmten Fall etwas aussagen. Und solche Beschreibungen finden wir im „Funk“ in Hülle und Fülle. Was darüber hinausgeht, das sind in den meisten Fällen Utopien.

Die nassen Anodenbatterien

Ein Schmerzenskind des Funkfreundes sind die Anodenbatterien, und in vielen Aufsätzen hat man sich über Trockenbatterien und auch über die als Ersatz vorgeschlagenen nassen Salmiakelemente beklagt. Diese Klagen haben mich veranlaßt, den Ursachen nachzugehen, die den Mißerfolgen zugrunde lagen. Die Versuche, deren Ergebnisse nachstehend beschrieben werden, wurden an zwei Batterien von je 50 Elementen ausgeführt.

Die Elemente bestanden aus einem Glasgefäß von 6 cm Höhe und 4 cm Breite; als negative Elektrode dient ein Zinkzylinder, der durch Lötung an der Längsseite geschlossen ist. Der Durchmesser des Zinkzylinders beträgt 3 cm, seine Höhe etwa 4,5 cm. In ihm steht die positive Elektrode, ein dünner Kohlenstab, der von Mangansuperoxyd in einem Leinwandbeutel umgeben ist. Die Kohle ist 7 cm hoch und endet in einer Metallkappe, an die die Zuführung zum nächsten Element angelötet werden muß. Der Leinwandbeutel, der das Mangansuperoxyd enthält, ist 4,5 cm hoch und besitzt einen Durchmesser von 2,5 cm. Hierzu tritt noch die Stärke des zum Verschnüren verwandten Bindfadens, so daß der Abstand zwischen Beutel und Zinkring nur 1 bis 1½ mm groß ist. Dieser Abstand wird durch zwei Preßspanstreifen, die um den Leinwandbeutel herumgelegt sind, aufrechterhalten. Verschlossen ist das Eelement durch eine Korkscheibe mit entsprechenden Durchbohrungen für die Elektroden. Angesetzt wurde die Batterie mit einer Salmiaklösung von 25 g Salmiaksalz in einem Liter abgekochten Leitungswasser.

Die Batterie gab eine EMK von 1,5 Volt je Element und eine Stromstärke bei Schluß über einen Widerstand von 10 Ohm von 120 mA; die Spannung ging dabei auf 1,2 Volt herab. Nach zehnstündigem Schluß über den Widerstand von 10 Ohm wies das Element noch eine EMK von 1,2 Volt, eine Klemmenspannung von 1,1 Volt und eine Stromstärke von 110 mA auf. Aber schon nach etwa vierwöchigem täglich zweistündigen Gebrauch war die Batterie völlig erschöpft. Zinkring und Kohlenelektrode waren durch weißes wasserunlösliches Chlorzinkammonium zu einem festen Block vereinigt.

Die Ursachen dieser Erscheinung sind Ströme innerhalb der Batterie. Fernerhin wirkt der geringe Abstand zwischen dem Zink und der Kohle schädlich; desgleichen der Umstand, daß der Zinkring nicht frei aufgehängt werden kann, sondern auf dem Boden des Gefäßes ruhen muß.

Es treten nun folgende Erscheinungen in den Elementen auf:

1. Die Korkscheibe nimmt Feuchtigkeit auf und bildet einen Weg für einen Kriechstrom, so daß das Element dauernd belastet ist.
2. An der Lötstelle des Zinkringes bildet sich ein Element, das dauernd kurzgeschlossen ist.

Die Folgen dieses dauernden Kurzschlusses sind verstärkter Verbrauch der Zinkelektrode und Ansammlung von Chlorzinkammonium in dem Elektrolyt. Dieses Chlorzinkammonium bildet sich vorzugsweise zwischen Kohlenelektrode und Zinkring. Da es sich im spezifischen Gewicht nur wenig von der Salmiaklösung unterscheidet, bleibt es zwischen den Elektroden stehen. Begünstigt wird dieser Umstand erstens durch den geringen Abstand der Elektroden, zweitens durch die zwischen den Elektroden gelagerten Preßspanstreifen und drittens durch das Aufsitzen des Zinkzylinders auf dem Boden des Glasgefäßes. Die sich zunächst in dünnen Schichten absetzenden Chlorzinkammoniakkristalle bilden dann ebenfalls noch einen neuen Kurzschluß und der Zusammenbruch der Batterie ist damit vollendet.

Ich änderte darauf die zweite Batterie in folgender Weise ab: Zunächst wurden die Zinkringe aufgeschnitten und die Lötstellen entfernt. Dann wurden Nasen angeschnitten und angebogen, die Ringe aufgebogen, so daß der Durchmesser nunmehr 3,5 cm betrug und in diesem Zustande auf den Rändern des Glasgefäßes aufgehängt. Vorher waren die Ränder der Glasgefäße mit einem 1 cm breiten Paraffinüberzug versehen worden, was durch vorsichtiges Eintauchen der Gläser mit der Öffnung nach unten in flüssiges Paraffin geschah. Die Korkscheiben wurden in auf 120° angewärmtem Paraffin ausgedämpft. Als Elektrolyt diente wieder eine Salmiaklösung von 25 g Salmiaksalz in abgekochtem Leitungswasser. Es kann statt dessen auch destilliertes Wasser genommen werden. Dem Elektrolyt wurden jedoch je Element noch ein bis zwei Tropfen gereinigte Salzsäure beigemischt. Nunmehr wurden die Elemente miteinander verlötet und die Löststellen gut lackiert oder paraffiniert.

Der innere Widerstand der so behandelten Batterie betrug 80 Ohm gegenüber 75 Ohm der zuerst angesetzten. Die Batterie arbeitete nunmehr aber einwandfrei. Innerhalb eines Vierteljahres war lediglich vier- bis sechsmaliges Nachfüllen der verdunstenden Flüssigkeit erforderlich; auch dies kann man aber durch Vergießen der Elemente auf größere Zeiträume verteilen. Das Ausfällen von Chlorzinkammoniumkristallen findet nicht mehr statt, da die Salzsäure das Chlorzinkammonium in Lösung erhält.

Diese Batterie hat nach stärkster Inanspruchnahme, hervorgerufen durch absichtliche Kurzschlüsse, häufige, langandauernde Messungen usw. nach einem Zeitraum von drei Monaten noch gut gearbeitet. Allerdings ist ihre Spannung dabei um etwa 10 Volt, von 75 auf 65 Volt, zurückgegangen.

Einige Nachteile hat diese sonst sehr sparsame Batterie jedoch; sie bedarf einiger Beobachtung und Pflege. Der Standort darf nicht zu warm und zu trocken sein; ferner ist sie groß, schwer und unhandlich, und die stufenweise Abnahme der Spannungen bereitet Schwierigkeiten.

Stark beanspruchte Batterien müssen alle drei bis vier Monate auseinandergenommen, gesäubert und frisch angesetzt werden. Schwach beanspruchte müssen mindestens alle sechs Monate umgesetzt werden. Da alle Lötverbindungen mit dem warmen Kolben gelöst werden müssen, ist das Umsetzen der Batterie eine mühsame und zeitraubende Arbeit. Der Zusatz der Salzsäure zum Elektrolyt verhindert zwar die Auskristallisierung des Chlorzinkammoniums, zerstört jedoch vorzeitig die Zinkzylinder, so daß diese alle sechs Monate erneuert werden müssen. Die Kohlenelektroden werden in verdünnter Salzsäure ausgewaschen und drei bis vier Tage gut gelüftet. Nach schätzungsweise zweijährigem Gebrauch sind sie jedoch mit Chlorzinkammonium so durchtränkt, daß der innere Widerstand sehr hoch wird und eine vollständige Erneuerung der Kohlenelektroden erforderlich ist.

R. Augsburg.



BRIEFE AN DEN „FUNK-BASTLER“

Die Berechnung von Widerstandsverstärkern.

Berlin, Ende März.

Zu den Ausführungen von Dr. Müller in Heft 13 des „Funk-Bastler“ seien mir nachfolgende kurze Bemerkungen gestattet.

Wie Dr. Müller sehr richtig bemerkt, ist die schädliche Kapazität C_{sch} bei hohen Frequenzen wesentlich niedriger als sie es nach der Möllerschen Formel sein dürfte. Diese Feststellungen wurden, wie angegeben, von verschiedenen anderen Seiten gemacht, ohne den dies bedingenden Einfluß, der durch die Phasenverschiebung zwischen $\mathfrak{R}_a$ und $\mathfrak{R}_i$ gegeben ist, in der Formel für C_{sch} zu erfassen. Dies ist in einer Arbeit im Jahrbuch[1]) von mir geschehen, und zwar werden die in der genannten Arbeit hinsichtlich der Dimensionierung gemachten Feststellungen durch die Untersuchungen von Dr. H. F. Mayer[2]) bestätigt.

Der Ansicht von Dr. Müller, daß es nicht zulässig sei, Kurven zu vergleichen, bei denen Röhren mit verschiedener Güte benutzt werden, kann ich für den vorliegenden Fall nicht zustimmen. Wie Dr. Seidel ausdrücklich angibt, will er die günstigsten Bedingungen für verzerrungsfreie Wiedergabe ermitteln; wenn sich ein solcher Zweck durch Verwendung von Röhren anderer Güteverhältnisse ermöglichen läßt, so ist die von Dr. Seidel angewandte Methode durchaus angängig.

Die Verwendung von sehr großen Widerständen zur Kopplung verbietet sich auch noch aus einem anderen, bisher meines Wissens öffentlich noch nicht behandelten Grunde. Es macht sich nämlich ein der Größe der verwendeten Widerstände proportionaler Verzerrungseffekt, der, wie im Mai vorigen Jahres vom Verfasser zusammen mit Herrn Zwirner vorgenommene mathematische Untersuchungen, die durch von Herrn Reppisch inzwischen vorgenommene Messungen bestätigt werden, zeigen, auf einem amplitudenabhängigen Einfluß der Isolationszustände zu beruhen scheint, bemerkbar.

Diese auch von anderer Seite empirisch gemachten Feststellungen sowie auch die, daß sich bei hohen Widerstandswerten außer Frequenzbenachteiligungen eher frequenzabhängige Kurvenformverzerrungen bemerkbar machen, sind auch die Ursache dafür, daß man an Stellen, wo es auf absolut verzerrungsfreie Verstärkung ankommt (Vorverstärker der Sender), Widerstandswerte verwendet, die sich von den von Dr. Müller vorgeschlagenen sogar größenordnungsmäßig unterscheiden. *A. Forstmann.*

*

Köln, Mitte März.

Viele Funkfreunde werden ebenso wie ich mit Interesse die Auseinandersetzungen zwischen A. Forstmann und Dr. Seidel sowie M. v. Ardenne über die Berechnungen von Widerstandsverstärkern gelesen haben, da der Widerstandsverstärker wegen seiner tonreinen Wiedergabe und seiner einfachen und billigen Herstellungsmöglichkeit in Amateurkreisen weite Verbreitung gefunden hat. Jedoch scheinen mir die Ausführungen von A. Forstmann und Dr. Seidel nicht ganz vollständig und ganz objektiv gesehen zu sein. Bei derartigen Abhandlungen dürfen neben den Vorzügen die Nachteile nicht vergessen werden. Nachteile sind immer dabei, wer diese verschweigt, verhindert uns, bewußt in das Wesen seiner Lösung einzudringen, bereitet obendrein Enttäuschungen und macht mißtrauisch.

Auf die Ausführungen von A. Forstmann[3]) möchte ich nicht eingehen; sie sind nicht beendet. Es fehlen die praktischen Schlußfolgerungen und die Replik auf die Antwort von M. v. Ardenne[4]). Aus dem Aufsatz von Dr. Seidel[5]), der klar und anschaulich geschrieben ist, möchte ich drei Punkte hervorheben.

1. Auf Seite 130 in der ersten Spalte führt der Verfasser aus, daß die Frequenzabhängigkeit sich im Quadrat der Verstärkerstufen vergrößert: „Bei drei Verstärkerstufen beträgt also die Amplitude der tiefen Töne nur ein Drittel, die der hohen nur etwa die Hälfte derjenigen der Mittellagen.“ Dagegen hat v. Ardenne[6]) schon ausgeführt, daß die Frequenzabhängigkeit sich nicht so stark vergrößert. Außerdem ist zu bedenken, daß zwei Verstärkerstufen nur e i n e Kopplung, und drei Stufen nur z w e i Kopplungen besitzen, nicht, wie der Verfasser annimmt, zwei bzw. drei.

2. Auf Seite 131 in der Abb. 2 sind die Werte der Frequenzen logarithmisch aufgetragen. Die Frequenzen 10 bis 100 nehmen infolgedessen ein Drittel der Fläche ein. In Wirklichkeit kommen sie selten vor und werden von den üblichen Lautsprechern nicht wiedergegeben. Die logarithmische Auftragung gibt dem flüchtigen Blick ein unrichtiges Bild.

3. Auf Seite 130 schlägt Verfasser für den Kopplungskondensator Größen von 5000 bis 10 000 cm vor. Bei größeren Kondensatoren setze der Verstärker zuweilen aus. Dagegen rät v. Ardenne[7]) nicht über 2000 cm hinauszugehen, weil dies nicht nötig sei und im Gefolge haben würde, daß die Abklingzeiten zu groß werden.

Was die beiden ersten Punkte angeht, so scheint der Verfasser etwas übertrieben zu haben. Dies ist menschlich verständlich, aber leider geeignet, uns Funkfreunde irrezuführen. Bei dem dritten Punkte ist indessen unbegreiflich, warum der Verfasser sich nicht mit der älteren Ansicht auseinandersetzt. Tauschen wir, wenn wir ihm folgen, einen neuen Fehler (störende Abklingzeiten) gegen einen alten ein, oder hat v. Ardenne unrecht? Der Verfasser hätte doch objektiver und nützlicher berichtet, wenn er uns hierüber aufgeklärt hätte. Ich will damit nicht fruchtlos kritisieren, sondern auf die Wünsche der Funkfreunde aufmerksam machen.

H. L. Dernen.

A n m e r k u n g d e r S c h r i f t l e i t u n g. Der Unterschied (2000 cm bzw. 10 000 cm) ist gar nicht so groß wie er aussieht! Früher nahm man allgemein an, daß Kopplungskapazitäten von m i n d e s t e n s 100 000 cm notwendig seien.

*

Wie vermeidet man die falsche Formel?

Berlin, Ende März.

Die Ausführungen in dem Aufsatz „Vorsicht beim Gebrauch von Formeln“ in Heft 10 des „Funk-Bastler“ sind zwar richtig, aber nur auf den Fall zugeschnitten, wenn die ganze Gleichung nur aus Werten einer Art besteht. Ich möchte jene Ausführungen daher noch etwas ergänzen:

Will man eine physikalische Gleichung auf ihre Richtigkeit hin prüfen, so ersetzt man die einzelnen darin vorkommenden elektrischen Größen durch ihre Dimensionen im cgs-(Centimeter-Gramm-Sekunden-) System. Diese seien zunächst einmal für die wichtigsten, den Funkfreund interessierenden Größen zusammengestellt:

EMK (elektromotorische Kraft) $[E] = cm^{3/2}\, g^{1/2}\, sec^{-2}$

Strom $[J] = cm^{1/2}\, g^{1/2}\, sec^{-1}$,

Widerstand $[R] = cm \cdot sec^{-1}$,

Kapazität $[C] = sec^2 \cdot cm^{-1}$,

Selbstinduktion $[L] = cm$,

Frequenz $[\omega] = sec^{-1}$,

Steilheit $[\varphi] = cm^{-1} \cdot cec.$

Zahlenwerte sind dimensionslos, ebenso, da auch ein reiner Zahlenwert, der Durchgriff. In der Dimensionsrechnung werden sie durch die Zahl 1 ersetzt.

Man erhält also z. B. für das Ohmsche Gesetz:

$$[J] = \frac{[E]}{[R]}$$

$$cm^{1/2}\, g^{1/2}\, sec^{-1} = \frac{cm^{3/2}\, g^{1/2}\, sec^{-2}}{cm \cdot sec^{-1}}.$$

Von der Richtigkeit dieser Dimensionsgleichung kann sich jeder leicht überzeugen.

Treten auf einer Seite der Gleichung Summen oder Differenzen auf, so müssen die einzelnen Glieder von der gleichen Dimension sein. Die Summe oder Differenz hat dann die Dimension des Einzelgliedes. Auch dafür ein Beispiel! Der Wechselstromwiderstand aus einem Ohmschen Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität bestehend ist:

$$R = W + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right).$$

Die Dimensionsgleichung dafür lautet:

$$[R] = [R] + [\omega]\,[L] + [\omega]^{-1}\,[C]^{-1}$$

$$cm \cdot sec^{-1} = (cm \cdot sec^{-1}) + (sec^{-1} \cdot cm) + (sec \cdot sec^{-2}\, cm^1).$$

---

1) A. Forstmann: „Über die Verstärkung von im Hörbereiche liegenden Schwingungen mit Widerstandsverstärkern, Jahrbuch für dr. T. u. T. Bd. 28, Heft 5, S. 156.

2) H. F. Mayer: Über verzerrungsfreie Niederfrequenzwiderstandsverstärkung, E. T. Z. Jahrg. 48, Heft 1, S. 10.

3) Vgl. „Radio-Amateur“ 1926, S. 660 und 684.

4) Vgl. „Radio-Amateur“ 1926, S. 761.

5) Vgl. „Funk-Bastler“ 1927, Heft 9, S. 129.

6) Vgl. „Radio-Amateur“ 1926, S. 762.

7) Vgl. „Radio-Amateur“ 1926, S. 762, und in seinem Buche „Der Bau von Widerstandsverstärkern“, 2. Aufl., S. 103, Anm.

Alle Glieder dieser Dimensionsgleichung haben die Dimension cm sec—1.

Es ist zu beachten, daß in manchen Formeln Werte als konstant vorausgesetzt werden, die an sich keine Zahlenwerte sind, z. B. wenn man das Ohmsche Gesetz in der Form schreibt: J = k. E. Diese Pseudokonstanten sind natürlich nicht dimensionslos. Im angeführten Falle hat die Konstante z. B. die Dimension eines Leitwertes oder reziproken Widerstandes.

Die Nachprüfung einer Formel auf diese Art gibt natürlich nur eine gewisse Sicherheit, ist aber noch kein Beweis für die Richtigkeit der Gleichung. Führt aber die Dimensionsgleichung für eine Formel auf Widersprüche, so ist das — Richtigkeit der Rechnung vorausgesetzt — ein Beweis dafür, daß die Formel falsch ist. Die sicherste Nachprüfung einer Formel bleibt natürlich stets ihre rechnerische Kontrolle.

Dr. Ernst Schramm.

*

Warum sind Netzanschlußgeräte verboten?

Saßnitz a. R., Ende März.

In letzterer Zeit sind mehrere Veröffentlichungen des VDE erschienen, nach denen der Gebrauch von Netzanschlußgeräten für Gleichstrom verboten sein soll; außerdem sind den Elektrizitätswerken Rundschreiben zugegangen, und einzelne Werke fühlten sich bereits bemüßigt, ein Verbot unter Androhung der Stromentziehung zu erlassen. Dabei wird mit Argumenten gekämpft, die einer ernsthaften Nachprüfung durch Fachleute kaum standhalten; und man berücksichtigt nicht, daß erst durch den Gebrauch des Stromes aus dem Netz der Rundfunkempfang zu einem dauernden Genuß wird.

Was nun die fürchterliche Gefährlichkeit der Geräte betrifft, so wage ich zu behaupten, daß die harmlose Trockenbatterie unter Umständen erheblich mehr Schaden anrichten kann. Mit einer Batterie von 100 Volt kann ich z. B. eine Lampe von 50 K. kurze Zeit hell brennen lassen, die Batterie gibt also Stromstärken von über ½ Amp.; diese Stromstärke ist aber auf keinen Fall aus einem Netzgerät herauszuholen, das nach untenstehenden Vorschriften gebaut ist. Der Nutzstrom beträgt höchstens 20—50 mA. Ein Strom wird aber erst dann dem menschlichen Körper schädlich, wenn die Stärke etwa ein Zehntel Ampere beträgt, was die Trockenbatterie ohne weiteres leistet. Auch ein falscher Anschluß des Gerätes schadet nichts, hat man, wenn der Strom in verkehrter Richtung oder gar nicht fließt den Stecker in der Steckdose nur umzupolen. Gegen Erde ist der Apparat mit einem Blockkondensator zu sichern, der nach untenstehender Vorschrift im Netzgerät einzubauen wäre. Im übrigen ist das Verteilungsnetz gegen Kurzschlüsse, die auch im allgemeinen Betriebe nie ausbleiben, durch die verschiedenen Sicherungen geschützt, die vom Netz bis zur Steckdose liegen. Der Gerätbenutzer, der ohne Blocksicherung arbeitet, wird durch das Durchbrennen der Sicherung schon merken, daß er etwas falsch gemacht hat.

Nachstehende Vorschriften genügten m. E. für den Bau von einwandfreien Geräten vollkommen:

1. das Gerät muß mit eingebauter Lampe gegen Kurzschlüsse gesichert sein;
2. ein Berühren von spannungsführenden Teilen darf nicht möglich sein;
3. Spannungsteilung nicht durch Belastungswiderstände, sondern nur in Potentiometerschaltung.
4. als Anschluß darf nur Starkstromkabel verwandt werden, auch sind nur solche Baustoffe zu verwenden, die auch in Starkstromnetzen verwandt werden; dies gilt hauptsächlich für die Blockkondensatoren, die mit 500 Volt Wechselstrom geprüft sein müssen;
5. Metallteile, wie Kern der Drosseln und Kondensatorgehäuse müssen geerdet sein;
6. das Gerät ist mit eingebautem Blockkondensator gegen Erdschlüsse zu sichern; die direkte Erdleitung wird also nicht wie bisher zum Empfänger geführt, sondern zum Netzgerät, erst hiervon führt die Erdleitung zum Empfänger (über den eingebauten Blockkondensator).

Man hätte, statt gegen die Netzgeräte Sturm zu laufen, lieber das Publikum aufklären sollen. Das Verbot läßt sich nie durchführen, da die Geräte für Gleichstrom von jedem ohne große Kenntnisse selbst gebaut werden können.

Zum Schluß noch eine Frage rechtlicher Natur: sind die Werke überhaupt befugt, den gekauften Strom für irgendwelche Benutzung zu verbieten? Elektrischer Strom ist, wie bereits gerichtlich ausgeführt, eine Ware, die wie alles andere käuflich ist. Wenn die Ware von mir gekauft ist (sofern der Strom also durch den Zähler gegangen ist) ist der Strom mein Eigentum und ich kann damit machen, was ich will. Es ist bisher auch noch von keiner Gasanstalt gegen einen Selbstmordkandidaten eingeschritten worden, der das Gas zum Selbstmord gebrauchen wollte, obgleich das Gas doch nicht zu diesem Zweck geliefert wurde.

Durch den Gebrauch von nach obigen Angaben gebauten Geräten schädige ich niemand, weder die Elektrizitätswerke noch sonst jemand; es werden auch keine öffentlichen Interessen verletzt. Soviel mir bekannt, sind auch in anderen Ländern derartige Schwierigkeiten nicht gemacht worden, und die Geräte werden dort anstandslos benutzt.

Johs. Gloris.

*

Der beste Transponierungsempfänger.

Leipzig, Ende März.

Auf die Anfrage von H. Friedrich-Loschwitz in Heft 12 des „Funk-Bastler“ nach dem leistungsfähigsten Zwischenfrequenzempfänger möchte ich aus meinen Erfahrungen eine Antwort geben. Ich habe der Reihe nach folgende Hochleistungsschaltungen gebaut: einen Fünfröhren-Neutrodyne, einen Sechsröhren-Superheterodyne nach Armstrong, einen Sechsröhren-Ultradyne nach Lacault und schließlich einen Siebenröhren-Tropadyne.

Bereits mit dem Superhet erzielte ich sehr schöne Erfolge, die den Neutrodyne in bezug auf Selektivität und Einfachheit im Bau und in der Bedienung in den Schatten stellten, störungsfreier und lautstärker arbeitete jedoch der Neutrodyne. Tonreinheit war bei beiden gleich gut.

Der Bau des Ultradynes war der schwierigste, die empfindlichste aller Zwischenfrequenzschaltungen bedingt natürlich wieder geringere Störungsfreiheit, bringt aber dafür bei entsprechender Bedienung die meisten Fernstationen in einwandfreier Lautstärke, Amerikaempfang ist mit ihr leicht zu erreichen. Kritisch ist die Heizung der Röhren, besonders die der zweiten und dritten Röhren, nicht, wie so oft behauptet, die absolute Gleichheit derselben. Der Ultradyne neigte sehr zu Selbstschwingungen, die ich nur durch Neutralisation völlig bekämpfen konnte, die Tonreinheit ließ unter Verwendung meiner alten Transformatoren sehr zu wünschen übrig, wurde aber nach Einbau sekundärseitig abstimmbaren Transformatoren sehr schön.

Das nach meiner Ansicht beste Gerät ist der Tropadyne. Der Bau ist nicht schwerer als der des Ultradynes, die Bedienung leichter und konstanter. Die Selektivität wird von keinem anderen mir bekannten Gerät erreicht. Ferner arbeitet der Tropadyne viel störungsfreier. Auch am Netzanschlußgerät zeigt sich die Überlegenheit des Tropadynes. Allerdings scheinen Reichweite und Lautstärke etwas geringer zu sein. Vom künstlerisch-musikalischen Standpunkt aus ist der Tropadyne ebenfalls vorzuziehen, denn seine Klangfülle wurde von keinem anderen Gerät erreicht.

Manfred Rachner.

*

Es war nicht Marokko!

Schatzlar, 22. März.

In Heft 12 des „Funk-Bastler“ wurde von Gerhardt Grosse unter „War es Marokko?“ angefragt, ob die von ihm am 28. Februar 1927 von 8.45 bis 9.45 Uhr gehörte Station der Sender der nordafrikanischen Stadt Casablanca sei. Dieser Sender war Zagreb/Agram auf Welle 310 m, der an diesem Tage einen französischen Vortrag hielt, und der später Musik gab. Das Pausenzeichen ist ein blechernes Ticken, und zwar erfolgen jede Sekunde zwei Schläge.

Pohl jr.

*

Einzelteile für Netzanschlußgeräte.

Lübben, Ende März.

Welche Firma stellt Transformatoren und passende Gleichrichterröhren her zur Entnahme folgender Betriebskräfte aus dem Wechselstrom-Lichtnetz:

1. Anodenspannung bis 150 Volt, etwa 50 mAmp;
2. Strom zum Aufladen des Akkumulators bis 6 Volt, etwa 1,5 Amp;
3. Heizung der Gleichrichterröhre.

Zur Verwendung soll nur ein Transformator und eine Gleichrichterröhre kommen.

Johannes Jungfer.

*

Wer ist der Störer?

Obernigk, Ende März.

Ich habe in meiner Lichtleitung 220 Volt Wechselstrom und höre, solange diese eingeschaltet ist, auch wenn kein Strom entnommen wird, ein ununterbrochenes Brummen. Dieses wird schwächer, wenn ich einen der beiden Stromkreise im Haus ausschalte, verschwindet aber erst, wenn der ganze Hausanschluß ausgeschaltet ist. Merkwürdigerweise wird die Störung schwächer, je länger die Antennen- und Erdzuführung wird. Ich habe eine 80 m lange Dreidrahtantenne, gute Brunnenerde und Dreiröhrenreflexgerät. Wer kann einen Rat zur Beseitigung der Störung geben?

Georg Hoffmann.

Verantwortl. Hauptschriftleiter: Ludwig Kapeller, Berlin-Schöneberg. — Druck: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW68. Zuschriften an die Schriftleitung (Manuskripte, Anfragen usw.) nur nach Berlin SW68, Kochstr. 4. Fernruf: Hasenheide 2495. Verlag: Weidmannsche Buchhandlung, Berlin SW68, Zimmerstr. 94. Postscheckkonto: Berlin 88378, Sonderkonto „Funk“.